



APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE ECODESIGN NO SETOR
ELETROELETRÔNICO: O CASO DA XEROX DO BRASIL

Fabricio Kather

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Rio de Janeiro

Abril de 2014

APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE ECODESIGN NO SETOR
ELETROELETRÔNICO: O CASO DA XEROX DO BRASIL

Fabricio Kather

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Ricardo Manfredi Naveiro, D.Sc.

Prof^a. Carla Martins Cipolla, D.Sc.

Prof^a. Anna Carla Monteiro de Araujo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2014

Kather, Fabricio

Aplicação de métodos de ecodesign no setor eletroeletrônico: o caso da Xerox do Brasil / Fabricio Kather.
– Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014.

XI, 115 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Dissertação (mestrado) – UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção, 2014.

Referências Bibliográficas: p. 112-115.

1. Ecodesign. 2. Processo de desenvolvimento de produtos. 3. Sustentabilidade. 4. Lixo eletroeletrônico. 5. Reciclagem. I. Naveiro, Ricardo Manfredi. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

DEDICATÓRIA

Às pessoas que trabalham em prol da correta destinação do lixo no Brasil, sem incentivos governamentais e muitas vezes em situações de péssimas condições de trabalho.

Aos catadores de recicláveis que realizam um nobre trabalho, porém pouco reconhecido pela sociedade, mas que despertam a esperança de um mundo mais justo e mais sustentável.

A todos que se esforçam para dar o destino correto ao seu lixo no dia a dia e que pensam no próximo tanto quanto pensam em si próprios.

“Porque foi que cegámos, Não sei, talvez um dia se chegue a conhecer a razão, Queres que te diga o que penso, Diz, Penso que não cegámos, penso que estamos cegos, Cegos que vêem, Cegos que, vendo, não vêem...” (José Saramago - Ensaio sobre a Cegueira)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Magali e ao Abdo, meus pais, ao Bidinho, meu irmão e à Vó Pury e ao Vô Wilson, minha amada família, por ter sempre me apoiado em minhas escolhas pessoais e profissionais e pelo carinho e atenção despendidos durante a minha educação e a formação de meu caráter.

Agradeço à Meymey, minha namorada, por ter entendido minhas ausências em momentos de maior carga de trabalho e por ter sempre apoiado minhas decisões.

Agradeço especialmente a orientação do Professor Ricardo Naveiro e sua paciência nos momentos em que tive maior dificuldade de manter o trabalho em curso. Agradeço também a oportunidade de debatermos o tema em nossos encontros.

Agradeço à Professora Carla Cipolla pelas aulas de “Teorias e Práticas do *Design*” e “*Design*, Inovação Social e Sustentabilidade”, duas cadeiras que me trouxeram enorme conhecimento e muitas inspirações à vida pessoal, acadêmica e profissional.

Agradeço aos meus colegas do gePRO, por terem me incentivado quando mais precisei, pelos telefonemas, pelas leituras e pela troca de experiências nas reuniões. Agradeço também aos demais colegas e professores do mestrado e doutorado que de uma forma ou de outra me ajudaram durante o desenvolvimento do meu trabalho.

Agradeço à Xerox do Brasil e principalmente ao Silvio Guimarães, responsável pelo Centro de Destinação Responsável, pela receptividade e pelas informações disponibilizadas. Sem elas não teria sido possível finalizar este trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE ECODESIGN NO SETOR ELETROELETRÔNICO: O CASO DA XEROX DO BRASIL

Fabricio Kather

Abril/2014

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Programa: Engenharia de Produção

O lixo eletroeletrônico é um problema para as nações, inclusive para o Brasil, onde o governo, através de suas políticas, estimula o consumo desses produtos sem pensar nas possíveis consequências do descarte incorreto. Este trabalho apresenta, inicialmente, dados relacionados à quantidade desse tipo de produto em final de vida no Brasil e no mundo, assim como as preocupações e previsões referentes a estes dados. Na segunda parte é apresentado o *ecodesign*, seus conceitos, princípios e ferramentas passíveis de aplicação e uso. Na terceira parte é apresentado um modelo de referência de Processo de Desenvolvimento de Produtos e suas principais fases, com sugestões de como o *ecodesign* e seus princípios podem ser integrados em cada etapa desse modelo. Na quarta e na quinta parte são apresentados a metodologia e o planejamento utilizados durante a aplicação do estudo de caso em um local de destinação de eletroeletrônicos, mostrando custos, tempo, qualificações e esforços envolvidos na desmontagem e reciclagem de tais produtos. Este estudo de caso demonstrou que o *ecodesign* é essencial para a redução dos impactos ambientais através da redução de custos de desmontagem e separação de materiais, facilitando a reciclagem e reaproveitamento de materiais.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

THE IMPLEMENTATION OF ECODESIGN METHODS IN THE ELECTRIC-
ELECTRONIC SECTOR: THE XEROX CASE

Fabricio Kather

April/2014

Advisor: Ricardo Manfredi Naveiro

Department: Production Engineer

Electronic junk has already turned a huge problem among industrialized nations, Brazil included. In Brazil there are official policies incentivizing the consumption of gadgets, however with no concern regarding the consequences of their improper disposal. Firstly this study presents data related to the amount of electronic junk in final usage lifetime in Brazil and in worldwide scale. It is also presented worries and predictions regarding such data. Secondly it is presented the ecodesign, its concepts, principles, ready-to-use tools and know-how to use it. Thirdly it is presented a reference model of Products Development Process and its main stages, with suggestions of how ecodesign and its principles can be integrated in each stage of such a model. The two last sections of this study present the methodology and the schedule planning used during the application of this case study at a site of electronic junk disposal, showing the costs, time, qualifications and efforts involved within disassembling and recycling of the aforementioned products. It is expected that through this case study, it turns possible to show that adopting ecodesign practices is essential for decreasing the environmental impact through disassembly and separation costs reduction, facilitating recycling and reuse of materials.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. RELEVÂNCIA DO TEMA	2
1.3.1. JUSTIFICATIVAS PARA APLICAÇÃO DO ECODESIGN	2
1.3.2. PREOCUPAÇÕES NO BRASIL E NO MUNDO	5
1.3.3. ATUAL SITUAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO BRASIL.....	8
1.3.4. HISTÓRICO DAS DISCUSSÕES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	8
1.3.5. RIO+20 – RESOLUÇÕES.....	11
1.3.6. SITUAÇÃO DA COLETA SELETIVA NO BRASIL.....	12
1.3.7. SITUAÇÃO DO LIXO ELETROELETRÔNICO.....	15
1.3.8. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	19
1.3.9. CAMINHOS A SEGUIR.....	21
1.4. METODOLOGIA.....	22
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
2. ECODESIGN	24
2.1. CONCEITUAÇÃO DO ECODESIGN.....	24
2.2. O PROJETO PARA O CICLO DE VIDA	25
2.3. FERRAMENTAS E PRINCÍPIOS DO ECODESIGN	28
2.3.1. MINIMIZAÇÃO DE CONSUMO DE RECURSOS	28
2.3.2. PROCESSOS E RECURSOS DE BAIXO IMPACTO	31
2.3.3. OTIMIZAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO PRODUTO E SEUS MATERIAIS	33
2.3.4. PROJETO PARA A DESMONTAGEM	34
2.3.5. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV).....	41
2.4. OPORTUNIDADES, VANTAGENS E DESVANTAGENS	43
3. PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO ECODESIGN AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	48
3.1. CONCEITUAÇÃO DO PDP	51
3.2. FASES DO PDP E SUAS RELAÇÕES COM O ECODESIGN	52
3.2.1. MACROFASE DE PRÉ-DESENVOLVIMENTO.....	52
3.2.2. MACROFASE DE DESENVOLVIMENTO	55
3.2.3. MACROFASE DE PÓS-DESENVOLVIMENTO.....	60
3.3. PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DE ECODESIGN NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	62
4. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO	67
4.1. METODOLOGIA UTILIZADA.....	68
4.2. DEFINIÇÕES E INFORMAÇÕES RELEVANTES	70
4.2.1. A XEROX.....	70
4.2.2. O FUNCIONAMENTO DA LOGÍSTICA REVERSA NA XEROX DO BRASIL.....	72
4.2.3. DEFINIÇÃO DE UM PRODUTO ELETROELETRÔNICO	74
4.3. PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE CASO.....	76
4.3.1. PLANO.....	77
4.3.2. PROJETO.....	77
4.3.3. PREPARAÇÃO.....	79
4.3.4. COLETA.....	83
4.3.5. ANÁLISE DOS DADOS	83
4.3.6. COMPARTILHAMENTO	83

5. O CASO DO CENTRO DE DESTINAÇÃO RESPONSÁVEL (CDR) DA XEROX DO BRASIL	84
5.1. O FUNCIONAMENTO DO CDR.....	84
5.1.1. RECEBIMENTO	85
5.1.2. ARMAZENAGEM.....	86
5.1.3. DESMONTAGEM	87
5.1.4. CLASSIFICAÇÃO	91
5.1.5. PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE MATERIAIS	96
5.1.6. EMBALAGEM.....	100
5.1.7. DESTINAÇÃO.....	100
5.2. PARÂMETROS DE ANÁLISE E CONCLUSÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO.....	101
5.2.1. FACILIDADE DE DESMONTAGEM.....	101
5.2.2. QUANTIDADE DE MATERIAIS ENVOLVIDOS.....	102
5.2.3. TEMPOS ENVOLVIDOS NA DESTINAÇÃO	103
5.2.4. QUALIFICAÇÕES NECESSÁRIAS	104
5.2.5. CUSTOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO.....	105
6. CONCLUSÃO, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..	107
6.1. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	107
6.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	110
7. REFERÊNCIAS.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da população brasileira de 1970 a 2010.....	5
Figura 2 - Concentração de municípios com sistema de coleta seletiva	13
Figura 3 - As ondas de inovação de Schumpeter	16
Figura 4 - Quantidade de produtos em fase de fim de vida nos EUA	17
Figura 5 - Ciclo de vida de produtos e suas consequências	26
Figura 6 - Ciclo de vida do produto segundo a perspectiva ambiental	27
Figura 7 - O rumo da desmaterialização	29
Figura 8 - Produção mais Limpa - Níveis de intervenção	32
Figura 9 - Exemplo de uma árvore de desmontagem de um produto eletrônico.....	37
Figura 10 - Opções para o fim de vida de produtos	38
Figura 11 - Custos de disposição e decisões	39
Figura 12 - Características das fases iniciais de desenvolvimento.....	47
Figura 13 - Processos relacionados com o desenvolvimento de produtos	48
Figura 14 - Modelo de Referência proposto por Rozenfeld.....	52
Figura 15 - Inclusão de requisitos ambientais no funil de produtos.....	54
Figura 16 - Aplicabilidade do LCA (em português, ACV) no desenvolvimento de produtos	64
Figura 17 - Metodologia de estudo de caso.....	68
Figura 18 - Curiosidades sobre a Xerox Corporation.....	71
Figura 19 - Fluxo da Logística Reversa do CDR.....	85
Figura 20 - Estoque de produtos em espera para desmontagem na Xerox.....	86
Figura 21 - Componente de pequeno porte para desmontagem	87
Figura 22 - Posto de desmontagem de máquinas	89
Figura 23 - Área de desmontagem de PWB	90
Figura 24 - Setor de separação de pó de toner	93
Figura 25 - Classificação de plásticos	94
Figura 26 - Diferentes tipos de alumínio e inox.....	95
Figura 27 - Prensa de papelão e plástico mole e papelão prensado na caçamba.....	97
Figura 28 - Triturador de plásticos e plástico triturado	98
Figura 29 - Bags de isopor aguardando carregamento	99
Figura 30 - Paletes quebrados, recuperados e inutilizados.....	99
Figura 31 - Bags e caçamba para transporte.....	100

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da diferença de custo entre Coleta seletiva e Coleta convencional.....	14
Tabela 2 - Tempos de vida e peso médios por produto.....	17
Tabela 3 - Tonelagem de produtos em uso nos países	18
Tabela 4 - Melhorias por fase de vida provenientes da aplicação do <i>ecodesign</i>	46
Tabela 5 - Proposta de aplicação de princípios e ferramentas do <i>ecodesign</i> por fase do PDP....	65
Tabela 6 - Fontes de evidência, seus pontos fortes e fracos.....	69
Tabela 7 - Composição dos produtos eletroeletrônicos.....	76
Tabela 8 - Agenda da 2ª visita ao CDR – Xerox.....	81
Tabela 9 - Tempos de desmontagem de máquinas.....	88
Tabela 10 - Tipos de materiais para classificação.....	92
Tabela 11 - Valor dos diferentes tipos de alumínio e inox.....	95

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Data-se de 1987, o surgimento do termo *desenvolvimento sustentável*, durante a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, na qual foi elaborado o documento intitulado *Nosso Futuro*. Este documento foi o responsável por divulgar a definição de tal termo conforme hoje é aceita: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades.” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1987). Devido ao aumento da população mundial, alguns problemas em escala global surgiram e precisam ser contornados, como é o caso do aumento do consumo de recursos naturais em taxas superiores às que o planeta pode suportar.

O aumento da população naturalmente gera um aumento de consumo, que por sua vez gera um aumento de produtos descartados por estarem em final de vida ou obsoletos diante de novas tecnologias. Em decorrência, torna-se necessário um movimento em prol de melhorias futuras não só para a geração atual, mas também para as gerações que estão por vir. No âmbito desta discussão, os produtos eletroeletrônicos e seu descarte surgem como grandes vilões para o desenvolvimento sustentável. Devido a pouca atenção dada até os dias atuais ao descarte destes produtos e as incipientes iniciativas voltadas a esse tipo de atividade, o tema surge como um problema a ser estudado, analisado e tratado.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como um de seus objetivos, mostrar a relevância das questões ambientais no âmbito do descarte de produtos eletroeletrônicos, assim como as ferramentas e princípios do *ecodesign* já existentes e sua importância para as empresas, principalmente as produtoras e destinadoras de eletroeletrônicos. Os assuntos relacionados ao meio ambiente e à sustentabilidade estão cada vez mais presentes nas discussões; e as empresas passam a ter uma maior compreensão da importância desse tema. Dessa forma, essa dissertação aborda o tema do desenvolvimento sustentável dentro de uma perspectiva vinculada aos produtos industriais. O contexto de desenvolvimento deste trabalho é no tema de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), incluindo a etapa de descarte. Apresentamos uma proposta de integração de

Ecodesign no PDP, o que foi feito através de uma revisão bibliográfica e, em seguida, realizamos um estudo de caso para avaliação da aplicabilidade dos princípios e ferramentas do *ecodesign* e da viabilidade da existência de áreas de descarte de eletroeletrônicos.

Este trabalho tem como objetivo geral identificar, explicar e comparar as principais técnicas de *ecodesign*, de produção mais limpa e de projeto para a reciclagem, apresentando as vantagens e sua importância para o meio ambiente; e como podem ser integradas a um PDP.

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Ser uma base de referência bibliográfica robusta para auxiliar no desenvolvimento de novos trabalhos em torno dos assuntos de *ecodesign*.
- Contribuir para o aumento do conhecimento acadêmico acerca do desenvolvimento sustentável e da proteção ao meio ambiente.
- Possibilitar as pessoas e empresas a terem um primeiro contato com o *ecodesign*, com o projeto para a reciclagem, e absorverem a sua importância.
- Apresentar um estudo de caso demonstrando a viabilidade de aplicação de ferramentas e princípios do *ecodesign* em uma área de descarte de eletroeletrônicos.

1.3. RELEVÂNCIA DO TEMA

1.3.1. JUSTIFICATIVAS PARA APLICAÇÃO DO *ECODESIGN*

Diversas são as razões que tornam importante a aplicação do *ecodesign*. A sociedade pós-moderna tem vivenciado diversos problemas ao redor do mundo e muitos estão diretamente relacionados com a forma de desenvolvimento insustentável que é presenciada atualmente. Apesar de controverso para muitas pessoas e pesquisadores, é possível citar os eventos climáticos extremos, a pobreza, a escassez de água para certas partes do mundo, a elevação dos níveis do mar, a poluição, além de outros como exemplos. De um modo mais abrangente, de acordo com Manzini e Vezzoli (2008), os impactos podem ter diversas extensões geográficas:

- Impactos em nível local, que acontecem quando os efeitos ocorrem no próprio local de produção, ou seja, nas ruas adjacentes ou na vizinhança.
- Impactos em nível regional, quando os efeitos se alargam podendo chegar a cidades vizinhas.

- Impactos em nível global, que é o caso de mudanças climáticas na terra ou de aumento do nível dos oceanos.

Os efeitos ambientais decorrentes de produtos que não são projetados de forma ecologicamente correta também podem ser vários. Fiksel (2009) coloca que há somente dois caminhos a escolher: o caminho “sem esperanças” ou o “caminho com esperanças”. O “caminho sem esperanças” é aquele no qual o ser humano desacredita em seu potencial, assumindo que o planeta não tem solução e que a humanidade ficará sem recursos rapidamente, causando um colapso da civilização. Neste caso, a melhor alternativa seria a de tornar-se autossuficiente; eliminando as dependências externas, vivendo da terra e torcendo para que a humanidade não seja destruída por uma catástrofe natural ou conflitos globais. Já o “caminho com esperança” é aquele no qual o ser humano reinventa seus estilos de vida, unindo forças em uma campanha sustentável, pois já se passou do ponto onde pequenas modificações fariam alguma diferença. Logo, é notável a necessidade de que a indústria precisa ser reformulada. As etapas de criação, produção, e cadeias de suprimentos precisam ser remodeladas com a finalidade de reduzir o uso intensivo de recursos, assim, garantindo que as nações em desenvolvimento não repliquem os antigos designs de produção. De acordo com Manzini e Vezzoli (2008), dentre os problemas que podem vir a surgir ou que já surgiram a partir da escolha do caminho errado podemos citar:

- Esgotamento dos recursos naturais – Depende do consumo humano e da capacidade de regeneração do recurso. Neste caso a capacidade de regeneração deve ser maior do que o consumo tornando-o um recurso renovável. Vale lembrar que nem sempre um recurso renovável é um recurso limpo, pois este pode gerar impactos relacionados ao acesso e à extração. As represas de hidrelétricas são um exemplo por mudarem os cursos de rios e causarem a morte de plantas e animais.
- Aquecimento global – O aquecimento global ocorre com o aumento de gases de efeito estufa na atmosfera como o dióxido de carbono, o metano, os clorofluorcarbonos, entre outros. A maior parte do aumento desses gases na atmosfera refere-se à ação antrópica, através de queima de combustíveis fósseis, do desmatamento, da produção industrial entre diversas ações poluentes.
- Destruição da camada de ozônio – A destruição da camada de ozônio acontece principalmente quando clorofluorcarbonetos, hidroclorofluorcarbonetos e teclorometano atingem a atmosfera e entram em contato com o ozônio,

transformando-o em oxigênio molecular causando assim sua rarefação. Com uma menor quantidade de proteção, há uma maior quantidade de raios ultravioletas incidindo na terra, causando problemas para o ser humano, como o câncer de pele. Desde a primeira medição, esta camada se tornou de 5 a 10 vezes menor. Hoje em dia, os especialistas dizem que essa diminuição parou em grande parte devido à redução da utilização dos CFCs.

- Poluição – A poluição é um dos problemas mais conhecidos e é proveniente da utilização de fertilizantes na agricultura, das atividades industriais, do consumo de combustíveis fósseis, de incinerações sem filtros, de refinarias, de aquecedores de habitações entre outros. São vários os tipos de poluição e podemos destacar as poluições do solo, da água e do mar. Estas poluições são do tipo que podem se acumular durante toda uma cadeia alimentar como o chumbo de baterias descartadas no meio ambiente, inseticidas e pesticidas usados na agricultura e a radioatividade. Essas toxinas, muitas vezes provenientes do lixo mal tratado podem perdurar durante muito tempo no meio ambiente gerando doenças e anomalias em diversos seres vivos.
- Acidificação – A acidificação acontece quando os óxidos de azoto e de enxofre atingem a atmosfera transformando-se em ácido nítrico e ácido sulfúrico e ao se juntarem com a água da chuva, geram a chamada chuva ácida. Esse tipo de chuva gera um acúmulo de acidez no solo, na água e nas superfícies urbanas. Neste caso, podemos notar a destruição de monumentos, o aumento da acidez do solo, impedindo o crescimento de plantas, além da contaminação de lençóis d'água. Além disso, pode ainda acarretar em problemas para o ser humano, principalmente aqueles relacionados à área respiratória.
- Eutrofização – A eutrofização, que acontece principalmente em lagos e bacias artificiais. Ela ocorre quando há um aumento de nutrientes na água, gerando assim um aumento de algas. Essas algas por sua vez consomem o oxigênio da água. Uma vez que este processo ocorre em grande escala, torna-se inviável a vida local. Assim, peixes e outras formas de vida desaparecem pela falta de oxigênio.
- Lixo – O problema do lixo é um problema em escala mundial. São muitos lixões a céu aberto e aterros mal estruturados o que vem a gerar a poluição do solo, das águas, além de problemas de saúde para o ser humano. Boa parte da produção de lixo está relacionada ao comportamento do consumidor que deveria procurar

possibilidades de uso secundário para seus produtos. Como por exemplo, a doação, a revenda ou uma forma de descartá-lo corretamente. A questão dos descartáveis também é inerente ao problema com o lixo. Afinal, com a falta de coleta seletiva e de práticas de reciclagem em diversos países, inclusive no Brasil, eles também acabam sendo descartados de forma incorreta.

Esses são os principais problemas que podem ser combatidos com a utilização do *ecodesign*, pois ao se pensar o ciclo de vida de um produto, todos esses impactos devem ser levados em consideração.

1.3.2. PREOCUPAÇÕES NO BRASIL E NO MUNDO

A população brasileira vem crescendo quase que linearmente há anos, conforme podemos observar na Figura 1, em que o eixo das abscissas representa os anos e o das ordenadas representa a quantidade de habitantes. De 1970 até 2010, o Censo demográfico mostra um crescimento de aproximadamente 100 milhões de brasileiros, o que representa um aumento médio de população de cerca de 2% ao ano (IBGE, 2010).

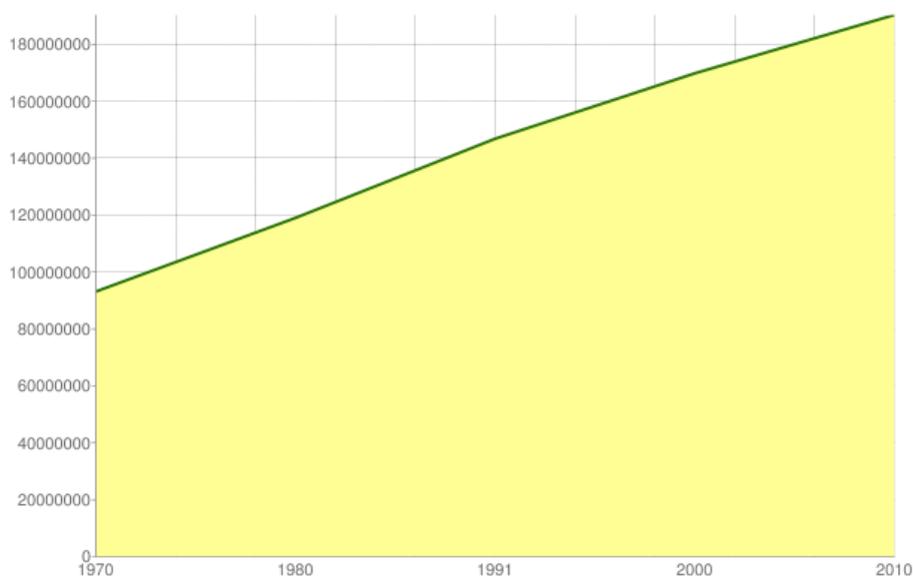


Figura 1 - Evolução da população brasileira de 1970 a 2010

Fonte: IBGE (2010)

O Brasil é atualmente o quinto país mais populoso do mundo e a tendência, segundo o IBGE, é que a nossa população cresça até o ano de 2040, tenha uma leve queda nos dez anos seguintes e se estabilize por volta dos 215 milhões de habitantes, ou seja, ainda cresceremos em torno de 14% nos anos que estão por vir. Segundo

previsões, em 2050 ainda seremos o quinto país mais populoso do mundo, atrás de China, Índia, Estados Unidos e Indonésia.

A questão é que segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), um brasileiro gera em média 381,6 Kg de resíduos sólidos urbanos por ano, representando mais de 1 Kg por dia e esta estatística vem aumentando a cada ano. Multiplicando este valor pelos 25 milhões a mais de brasileiros nos próximos anos, podemos notar que teremos uma quantidade enorme de lixo para tratar. O lixo eletroeletrônico está dentro destes Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e vem se tornando preocupante no Brasil e no mundo.

Mais recentemente, a partir do governo do ex-presidente Luiz Inácio Lula da Silva, e atualmente durante o governo da Presidente Dilma Rousseff, o aumento de renda da população brasileira combinado com a facilidade de acesso ao crédito, tem proporcionado o crescimento da sociedade de consumo em nosso país. Além disso, também há incentivos fiscais através de leis e medidas provisórias, como a Lei do Bem, que reduz as alíquotas de PIS e Cofins para zero, tanto para computadores como para tablets, desde que a empresa siga determinadas regras pré-estabelecidas. Aparelhos celulares, do tipo *smartphone*, também foram incluídos nessa lei, facilitando o acesso da população a esse tipo de produto.

Outro incentivo fiscal que também vale ser mencionado é a redução do IPI para os produtos de linha branca e automóveis, outra medida tomada pelo governo que acaba por incentivar ainda mais o consumo. Desta forma, é natural que haja um aumento considerável nas vendas de eletroeletrônicos. A inclusão digital é importante até mesmo para a educação hoje em dia, porém, há de se pensar a respeito do fim de vida destes produtos que estão entrando cada vez mais nas residências dos brasileiros.

Atualmente, tem-se seguido um modelo de consumo similar ao norte-americano, no qual o bem-estar é ter mais produtos. As políticas públicas estimulam o consumo, porém não estimulam a reciclagem, o reuso, o reaproveitamento, a correta destinação dos produtos em seu final de vida e, tampouco, a produção baseada em projetos para o meio ambiente. Desta forma, a sociedade tem se distanciado de uma sociedade sustentável.

De acordo com Manzini (2008), os modelos de vida vêm se modificando rumo à insustentabilidade e se nada for feito a respeito, a sociedade estará fadada a problemas ambientais sérios. Esta forma de incentivo ao consumo supracitada pode ser considerada como uma forma de desenvolvimento insustentável. Não se pode consumir cada vez

mais sem ter a consciência de que os recursos não são infinitos. Hoje, vive-se em uma sociedade, cuja preocupação com o meio ambiente ainda está longe de atingir os níveis desejáveis.

Quando atenta-se para a reciclagem, o reaproveitamento e a recuperação de materiais, é perceptível que o Brasil está em um ritmo muito lento. Apesar da recém-aprovada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ainda há muito a progredir. Entretanto, já é possível ver alguns movimentos no sentido de melhorar essa relação. É notável o surgimento de algumas inovações sociais¹ voltadas para a sustentabilidade, mas segundo Manzini (2008), esses movimentos ainda são insuficientes e, na realidade, o consumo de recursos ambientais e o nível de deterioração do planeta estão, em média, crescendo. O planeta não está preparado para aguentar o atual nível de consumo da sociedade pós-moderna. É necessário que atitudes sejam tomadas para que, assim, seja possível mudar tal constatação. O encontro de cerca de 180 líderes mundiais no Rio de Janeiro em 1992 para discutir o desenvolvimento sustentável foi muito importante, mas insuficiente quando analisamos os resultados hoje, mais de 20 anos depois. O encontro intitulado RIO+20, que aconteceu em 2012, trouxe praticamente as mesmas discussões apresentadas há pouco mais de duas décadas, e os resultados do encontro foram controversos. Porém, nada é mais relevante do que a mobilização de empresas, da sociedade e do governo. Talvez, possamos destacar a sociedade como a protagonista nesta história, pois é ela que pode e deve pressionar tanto as empresas quanto o governo e suas políticas públicas. Pressionar as empresas, através do consumo ou de boicotes, para que sejam ambientalmente responsáveis e pressionar o governo, através do voto e de fiscalização, para que os governantes cumpram com o prometido e exijam tanto das empresas quanto da própria sociedade as ações corretas com relação ao meio ambiente.

Neste contexto, surgem os conceitos que ajudam a avaliar o nível de exigência que é acrescido ao meio ambiente. A pegada ecológica² e a pegada de carbono³ são indicadores que podem mostrar como o consumo das pessoas e os produtos produzidos estão afetando o planeta como um todo. A pegada ecológica “é uma ferramenta de medição de desenvolvimento sustentável de fácil entendimento e consiste no cálculo da área necessária para garantir, indefinidamente, a sobrevivência de uma determinada

¹ A inovação social é descrita por Manzini (2008) como mudanças no modo que indivíduos ou comunidades agem para resolver seus problemas ou criar novas oportunidades.

² Número de hectares de terra usados para sustentar o estilo de vida de uma pessoa ou sociedade.

³ Total de gases de efeito estufa causados por uma pessoa, organização ou produto durante um período específico de tempo (por exemplo, um ciclo de vida).

população ou sistema econômico, fornecendo energia e recursos naturais, além de assegurar a capacidade de absorver resíduos ou dejetos produzidos por tal sistema” (SANTOS; XAVIER; PEIXOTO, 2008). Estes indicadores podem ser uma forma de monitorar a interação da sociedade e das empresas com o meio ambiente. A pegada de carbono é conhecida como certa quantidade de gases de efeito estufa emitida, que são relevantes para as mudanças climáticas e que estão associados com as atividades de produção e consumo humanas. Segundo Wiedmann e Minx (2008) a definição de pegada de carbono é bem compreendida e há um consenso com relação a ela, porém o cálculo do indicador é um pouco controverso e são diversas as formas encontradas de medir o indicador.

1.3.3. ATUAL SITUAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO BRASIL

O aumento da população mundial por si só não pode ser considerado a causa dos problemas ambientais, como queriam demonstrar as teorias malthusianas, e sim a forma com que se dá esse crescimento. A população pode aumentar desde que o consumo de recursos seja feito de forma sustentável, a produção siga uma lógica “do berço ao berço” e a geração de lixo seja controlada e tratada de forma eficaz. Parece óbvio com as discussões de hoje em dia que não se pode seguir também as teorias cornucopianas, que diziam que o mundo se adaptaria de forma natural para suprir suas necessidades. Quando se confronta as teorias malthusianas com as cornucopianas, é possível chegar a um meio-termo, em que se deve agir com precaução. Muitas das discussões a respeito do aquecimento global, da futura escassez de água e dos limites do planeta são questionadas até mesmo por especialistas e, portanto, por falta de um maior embasamento científico, é recomendável que haja a precaução além de ações em busca de um futuro mais confortável para a atual sociedade e para as gerações que estão por vir.

1.3.4. HISTÓRICO DAS DISCUSSÕES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Há anos o meio ambiente vem sendo tratado como algo não dissociado do ser humano. Em 1972, na Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (também conhecida como Declaração de Estocolmo) foram definidos alguns critérios e princípios que ofereceriam aos povos do mundo como inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente e a vida humana. As provas de danos causados pelo homem, como os níveis perigosos de poluição da água,

do ar, da terra e dos seres vivos, os desequilíbrios ecológicos, a destruição e esgotamento de recursos insubstituíveis e o agravamento de problemas relacionados à saúde física, mental e social do homem, no meio ambiente por ele criado já estavam claros naquela época. Desta forma, ficou evidente a necessidade do ser humano de conviver de forma harmoniosa com os ambientes naturais e artificiais, e que isso faria com que houvesse um aumento do bem-estar dos povos bem como do desenvolvimento social e econômico. Nesse mesmo documento, trata-se da pobreza, da falta de alimentação, de habitação e educação como grandes entraves para o desenvolvimento, principalmente dos países subdesenvolvidos, e como potencializadores da degradação ambiental. Sendo assim, os países desenvolvidos deveriam trabalhar para reduzir a distância que os separam dos países em desenvolvimento. Os princípios apresentados no documento também remetem ao desenvolvimento do mundo como um todo, à erradicação da pobreza e à proteção ao meio ambiente conforme trecho a seguir: “Nos países em desenvolvimento, os problemas ambientais são causados, na maioria, pelo subdesenvolvimento. Milhões de pessoas continuam vivendo muito abaixo dos níveis mínimos necessários a uma existência humana decente, sem alimentação e vestuário adequados, abrigo e educação, saúde e saneamento. Por conseguinte, tais países devem dirigir seus esforços para o desenvolvimento, cômicos de suas prioridades e tendo em mente a premência de proteger e melhorar o meio ambiente. Com idêntico objetivo, os países industrializados, onde os problemas ambientais estão geralmente ligados à industrialização e ao desenvolvimento tecnológico, devem esforçar-se para reduzir a distância que os separa dos países em desenvolvimento.” (PNUMA, 1972).

Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento emitiu um relatório, chamado “O Nosso Futuro Comum”. Este é um dos relatórios mais conhecidos por ter trazido a definição de desenvolvimento sustentável, e foi um importante marco no que se refere às discussões em torno da sustentabilidade ambiental. Além desta definição, dois pontos essenciais foram abordados neste documento: o conceito de “necessidades”, que diz respeito à pobreza no mundo e a noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, ou seja, há limites para que se resguarde a possibilidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades. Mais uma vez foi colocado como determinante, a mudança da estratégia de crescimento, muitas vezes destrutivas, para uma forma de crescimento sustentável, sendo que neste caso, seria premente a mudança das políticas dos países no que se refere ao seu crescimento e ao impacto de suas

decisões na possibilidade de crescimento de outras nações. Novamente, ficou clara a necessidade de erradicação da pobreza e uma visão holística do desenvolvimento econômico e social, salvaguardando o meio ambiente.

A Eco 92, realizada no Brasil, no ano de 1992 foi um evento que comemorou os 20 anos da Conferência de Estocolmo e buscou seguir e implementar os princípios apresentados anteriormente. Após este encontro, foi gerado o documento intitulado Agenda 21, que abordou assuntos como a cooperação internacional para acelerar o desenvolvimento sustentável de países em desenvolvimento, o combate à pobreza, as mudanças nos padrões de consumo, a proteção ao ser humano e a integração do meio ambiente nas tomadas de decisões. Entraram em pauta também no documento, assuntos não abordados (ou menos abordados) em encontros anteriores, como a proteção da atmosfera, o combate ao desflorestamento, o manejo de ecossistemas e a proteção dos oceanos e recursos hídricos. Vale ressaltar nesse documento que a mudança nos padrões de consumo e produção já foram avaliadas como insustentáveis e deveriam ser tratadas no que diz respeito à energia, aos transportes e aos resíduos. Mais uma vez a pobreza foi colocada como culpada de diversos problemas ambientais, tendo que ser combatida.

Após a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em 1992, os governos perceberam que ela poderia ser a propulsora de ações mais enérgicas. Em 1995, na Conferência das Partes em Berlim ficou decidido que se os países desenvolvidos reduzissem suas emissões para níveis de 1990, até o ano 2000, isso não seria suficiente para evitar uma interferência antrópica no sistema climático. Com isso iniciou-se nova discussão, e em 1997, em Quioto, no Japão, ficou acordado que os países industrializados reduziriam suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 até o período entre 2008 e 2012. Esse compromisso, com vinculação legal, prometeria produzir uma reversão da tendência histórica de crescimento das emissões iniciadas nesses países há cerca de 150 anos. O Protocolo de Quioto foi aberto para assinatura em 16 de março de 1998, mas infelizmente, países de extrema importância mundial, como os EUA, não assinaram o documento e este só entrou em vigor oito anos após sua aprovação com a ratificação da Rússia. Segundo Barbieri (2007), este protocolo previa três mecanismos principais de redução de emissões: Implementação conjunta, Comércio de emissões e Mecanismo de desenvolvimento limpo.

Após o Protocolo de Quioto e mais algumas reuniões, chegamos a Rio+20, realizada em 2012, 20 anos após a Eco 92, também no Rio de Janeiro e com grande

expectativa já que nunca se havia falado tanto em sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Os fracassos de acordos anteriores acabaram por aumentar também essa expectativa.

1.3.5. RIO+20 – RESOLUÇÕES

Realizada em junho de 2012 na cidade do Rio de Janeiro, a Rio+20 foi uma conferência cheia de expectativas e com diversos eventos em paralelo para a sociedade civil. O momento de crise mundial em que foi feita esta reunião fez com que países como EUA e Alemanha não enviassem seus líderes à conferência, gerando grande decepção por parte das outras nações. Apesar do secretário geral da ONU chamar o documento gerado de pouco ambicioso, praticamente nada foi mudado no documento final deixando um sentimento para a sociedade de que o trabalho não foi bem realizado. Basicamente o documento final da Rio+20 deixa as decisões para o futuro.

O documento intitulado “O Futuro que queremos”, mais uma vez, traz a luta contra a pobreza como uma das principais metas globais, ou seja, há mais de 30 anos a humanidade sabe da importância social e ambiental da erradicação da pobreza, porém grandes passos ainda não foram dados neste sentido. Os líderes mundiais concordaram que algumas iniciativas neste sentido foram bem sucedidas, mas que há muito ainda o que fazer. Ficaram reafirmados também os compromissos estabelecidos na Eco 92, deixando algumas pessoas com a sensação de falta de novidades.

Foram avaliados também alguns insucessos: “Nós reconhecemos, entretanto, que também houve retrocessos devido a múltiplas crises interrelacionadas – financeiras, econômicas e preços voláteis de energia e alimentos. Insegurança alimentar, mudança climática e perda da biodiversidade afetaram negativamente os ganhos de desenvolvimento. Novas evidências científicas demonstram a gravidade das ameaças que enfrentamos. Desafios novos e emergentes incluem a contínua intensificação de problemas anteriores, requerendo assim respostas mais urgentes. Preocupa-nos profundamente que cerca de 1,4 bilhão de pessoas ainda vivem em extrema pobreza e um sexto da população do mundo esteja mal nutrida, com pandemias e epidemias continuando como ameaças onipresentes. O desenvolvimento não sustentável aumentou a pressão sobre os recursos naturais limitados da Terra e sobre a capacidade de carga dos ecossistemas. Nosso planeta suporta sete bilhões de pessoas, com expectativa de alcançar nove bilhões até 2050.” (UNITED NATIONS, 2012).

Vale ressaltar que pela primeira vez em uma conferência deste porte, foi falado sobre o problema do lixo eletroeletrônico quando os líderes colocaram que: “também notamos com preocupação os emergentes desafios de lixo eletrônico e plástico nomeio ambiente marinho, que deve ser abordado, entre outras maneiras, através de programas apropriados e tecnologias ambientalmente válidas para recuperação de material e energia.” (UNITED NATIONS, 2012). Apesar de o encontro ter trazido à tona a questão do lixo eletroeletrônico, pouco ainda é feito no Brasil e no mundo a respeito.

1.3.6. SITUAÇÃO DA COLETA SELETIVA NO BRASIL

Desde 1994, o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE) reúne informações relacionadas à coleta seletiva no Brasil. Esta pesquisa, chamada Ciclossoft, é de escala nacional e traz informações referentes à composição do lixo, custos de operação, participação de cooperativas de catadores e parcela de população atendida pelos sistemas de coleta estabelecidos pelas prefeituras locais. O último relatório é referente ao ano de 2012 e traz importantes informações no que se refere à coleta seletiva no Brasil.

Segundo o CEMPRE, somente 14% dos municípios brasileiros operam sistemas de coleta seletiva (em 2010 o valor era de 8%), sendo 86% desses municípios concentrados na região sudeste e sul do país, conforme Figura 2. Considerando-se que em 1994 somente 81 municípios tinham programas desse tipo e que em 2012 já eram 766, é possível dizer que tivemos um aumento considerável em valores absolutos, porém ainda é pouco, visto que cerca de 4700 municípios ainda não possuíam o sistema de coleta seletiva em andamento. Em termos de população atendida, a pesquisa mostra que 14% dos brasileiros têm acesso à coleta seletiva, e em termos absolutos, é possível observar um aumento significativo, já que em 2010, 22 milhões eram atendidos e em 2012 este número passou para 27 milhões.



Figura 2 - Concentração de municípios com sistema de coleta seletiva

Fonte: CEMPRE – Pesquisa Ciclosoft 2012

As duas formas principais de coleta seletiva são a de porta em porta, presente em 88% dos municípios e a de cooperativa de catadores, presente em 72% dos casos. Por último estão os pontos de entrega voluntária, que existem em 53% dos municípios que apresentam a coleta seletiva. A prefeitura é responsável pelo sistema de coleta seletiva em 48% das cidades que foram pesquisadas e em mais da metade, ela também apoia as cooperativas de catadores como agentes executores, e estes acabam por ter uma representatividade até mesmo maior do que as próprias prefeituras, com 65%. As empresas particulares contratadas vêm por último, aparecendo somente em 26% dos municípios.

Desde que começaram as pesquisas em 2004, a menor diferença encontrada entre os custos de coleta seletiva (R\$367,20/tonelada) e coleta convencional (R\$ 85,00/tonelada), foi no ano de 2010 sendo o da coleta seletiva pouco mais de quatro vezes maior do que a convencional. Isso nos mostra, vide Tabela 1, que essa diferença vem diminuindo com o tempo e esta é a tendência para os próximos anos, facilitando cada vez mais a destinação correta do nosso lixo. Entretanto, em 2012 essa diferença subiu um pouco, deixando a coleta seletiva quatro vezes e meia mais cara que a coleta convencional.

Tabela 1 - Evolução da diferença de custo entre Coleta seletiva e Coleta convencional

Fonte: Adaptado de CEMPRE – Pesquisa Ciclosoft 2012

Ano	Coleta seletiva
	Coleta Convencional
1994	10 x
1999	8 x
2002	5 x
2004	6 x
2006	5 x
2008	5 x
2010	4 x
2012	4,5 x

Ainda segundo o CEMPRE, os materiais mais coletados para reciclagem, em peso, continuam sendo o papel e o papelão, representando 45,9% da coleta. Em seguida vêm os plásticos em geral com 15,6%, os vidros com 9,1% e os metais com 6,2%. Apesar de incluídos na pesquisa, a coleta de lixo eletrônico não chega nem perto de ser significativa, representando somente 0,5% de tudo que é coletado. O que ainda mostra a falta de costume da população com a coleta seletiva é a quantidade de rejeito descartado em meio aos demais itens. Os rejeitos representam 17,4% do total de peso coletado, o que demonstra a falta de engajamento ou mesmo de conhecimento da população em relação à coleta seletiva. Uma força tarefa de conscientização e comunicação para a população é de suma importância para que este tipo de iniciativa funcione de forma eficiente e possa trazer mais retorno e ter seu custo reduzido.

Vale ainda ressaltar que grandes cidades como Rio de Janeiro, Salvador, Belo Horizonte e São Paulo apresentam índices menores do que 40% em termos de população atendida pela coleta seletiva mostrando uma falta de engajamento em grandes centros com maior densidade populacional.

Ao observar estes dados, é possível avaliar que o crescimento da população não tem sido acompanhado pelo sistema de coleta seletiva. Assim como também nota-se que esse tipo de sistema de coleta de dejetos não consegue chegar a todos os municípios brasileiros. Além disso, as áreas com grande densidade e crescimento populacional muitas vezes estão entre as mais fracas neste quesito, faltando um engajamento maior do poder público com a finalidade de englobar mais municípios nos programas de coleta seletiva e reciclagem. Observa-se também um estímulo ao crescimento de cooperativas

de catadores, mas muitas vezes estes trabalhadores não têm condições e direitos trabalhistas, incentivando assim um tipo de trabalho sem grande retorno e sem garantias.

Isto mostra que devemos evoluir muito e rapidamente, e devemos lutar pela queda do custo da coleta seletiva em relação à coleta convencional, para que este tipo de iniciativa torne-se uma oportunidade de investimento. Contudo, para que esta tenha alguma efetividade, é necessária uma maior conscientização da população, um maior engajamento das prefeituras e governos, assim como das empresas como um todo. Estando então em conformidade com uma conclusão emitida em um dos relatórios desenvolvidos pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente: “A gestão e a reciclagem de resíduos empregam mais de 500.000 pessoas no Brasil, sendo que a grande maioria é composta por catadores de lixo que trabalham informalmente e recebem rendas baixas e instáveis além de terem que enfrentar péssimas condições de trabalho. Após algumas iniciativas tomadas pelos governos locais, cerca de 60.000 pessoas que trabalham no setor de reciclagem se organizaram em cooperativas e associações e passaram a oferecer seus serviços de maneira formal, assinando contratos de trabalho. A renda dessas pessoas é mais de duas vezes maior do que a dos catadores de lixo, o que permite que elas tirem suas famílias da pobreza.

“A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – estabelecida por lei em 02 de agosto de 2010 – visa a desenvolver esse potencial. Ela trata da coleta, eliminação final e tratamento do lixo urbano, do lixo prejudicial ao meio ambiente e do lixo industrial no Brasil. A PNRS é o resultado de um amplo consenso baseado no diálogo social que envolveu o governo, o setor produtivo, as partes interessadas em gestão de resíduos e a comunidade acadêmica.” (PNUMA 2011)

1.3.7. SITUAÇÃO DO LIXO ELETROELETRÔNICO

Fiksel (2009) afirma que a indústria de eletrônicos, apesar de nova em relação às demais indústrias, apresenta um grande impacto quando analisamos o aspecto ambiental. Como exemplo, o autor coloca que a produção de um chip de 32MB que pesa 2 gramas pode requerer mais de 1.200 gramas de combustíveis fósseis, 72 gramas de produtos químicos e 32.000 gramas de água, sendo assim um produto intensivo em recursos. Fora isso, podemos afirmar que o lixo eletroeletrônico vem se tornando um grande problema no mundo. Os ciclos de vida desse tipo de produtos estão ficando cada vez mais curtos, dada a quantidade de inovações que surgem nessa área. Podemos

observar, vide Figura 3, que as ondas de inovações estão se tornando mais curtas com o passar do tempo, e a consequência disso é o aumento do lixo e da necessidade de descarte deste tipo de produto. Atualmente novas tecnologias, muitas vezes rompem com as tecnologias anteriores, gerando um grande aumento de descartes de produtos. Podemos citar a introdução no mercado dos televisores de plasma e LCD, que até hoje estão gerando um aumento do descarte das antigas tecnologias de tubo. Vale lembrar que a queda dos preços destes tipos de produtos e o aumento da renda da população brasileira, fazem com que esse seja um problema real em nosso país.

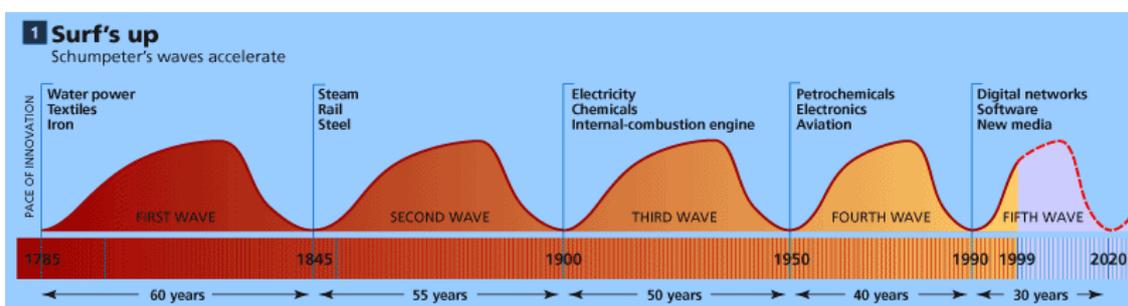


Figura 3 - As ondas de inovação de Schumpeter

Fonte: Internet, disponível em: <http://innovaservice.wordpress.com>

Segundo estimativa da Inner City Fund (ICF) internacional, somente em 2009, nos Estados Unidos, foram vendidos cerca de 438 milhões de novos produtos eletrônicos. Este dado, por si só, mostra o tamanho do problema que podemos ter em breve. Com o constante aumento de nossa população e o crédito cada vez mais fácil, devemos observar sempre os outros países com a finalidade de nos protegermos de problemas que eventualmente ocorrem principalmente na Europa e na América do Norte.

Esse estudo da ICF internacional, realizado para a *U.S. Environmental Protection Agency* considera os seguintes produtos eletrônicos: computadores pessoais (*desktops e notebooks*), monitores CRT e LCD, teclados e mouses, aparelhos de fax, impressoras, escâneres, copiadoras, multifuncionais, televisores CRT e LCD, PDAs, *smartphones*, *paggers* e aparelhos celulares. A quantidade de produtos que chegaram à fase de fim de vida se mostra crescente e assustadora para os Estados Unidos, conforme Figura 4. Países em desenvolvimento, como Brasil, China e Índia estão no mesmo caminho e é importante que medidas sejam tomadas.

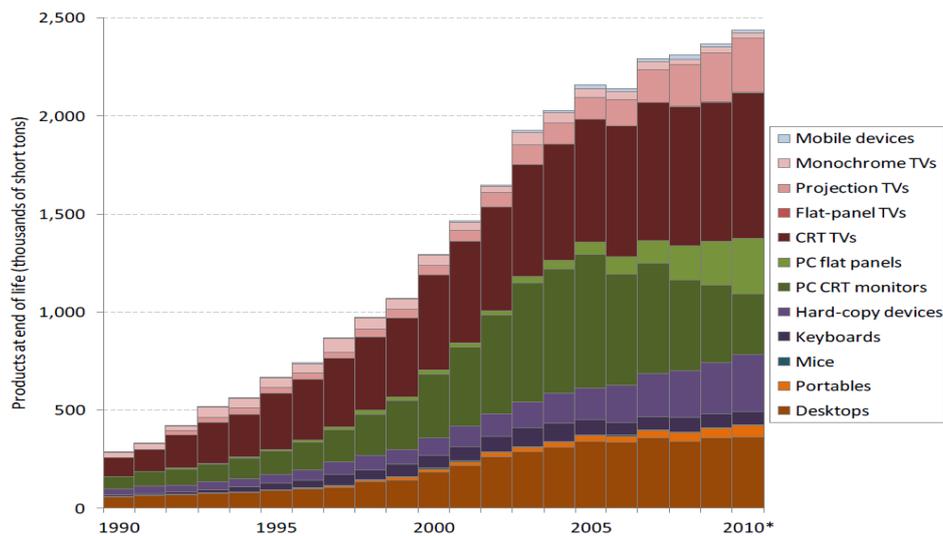


Figura 4 - Quantidade de produtos em fase de fim de vida nos EUA

Fonte: ICF internacional (2011)

Para que se tenha uma ideia de como os países em desenvolvimento estão rumando à mesma situação norte-americana, alguns dados devem ser observados com mais detalhes. Primeiro, tem de se levar em consideração o tempo de vida útil dos componentes e seus respectivos pesos, conforme na Tabela 2. Esses dados são importantes para mostrar que em um curto espaço de tempo é possível ter uma quantidade considerável de lixo eletrônico. Fazendo um cálculo grosseiro, com a média de peso dos produtos, seu tempo de vida e a quantidade de eletrônicos vendidas nos EUA em 2009, pode-se afirmar que em 2015 haverá cerca de 6 milhões de toneladas de produtos em final de vida, necessitando descarte. Isso sem contar vendas de outros anos.

Tabela 2 - Tempos de vida e peso médios por produto

Fonte: Adaptado de UNEP (2009)

Utensílio	Tempo de vida (anos)	Peso (Kg)
PC + Monitor	5 - 8	25
Laptop	5 - 8	5
Impressora	5	8
Telefone celular	4	0,1
Televisor	8	30

Brasil, China e Índia, que fazem parte do BRIC e que vêm apresentando altas taxas de crescimento econômico nos últimos anos, possuem instalados, segundo a

United Nations Environment Programme (UNEP) as seguintes toneladas (Tabela 3) de aparelhos eletrônicos (com exceção de impressoras que não foi possível averiguar segundo o relatório):

Tabela 3 - Tonelagem de produtos em uso nos países

Fonte: Adaptado de UNEP (2009)

País	Brasil	Índia	China
Data dos dados	2005	2007	2007
PCs	483.800	425.000	1.324.800
Telefones celulares	8.600	27.000	59.200
Televisores	1.096.000	1.904.600	11.975.300

Com esses dados de 2005 e 2007, e com o enorme crescimento das vendas que é presenciado até hoje pelo mundo e, principalmente, nesses países em desenvolvimento, nota-se que é preocupante o que já há para ser descartado e o que existirá pela frente.

Produtos eletrônicos apresentam em sua composição materiais tóxicos para o meio ambiente, como o chumbo e outros de alto valor, como o paládio e o ouro. Fora isso, grande parte da composição desses eletrônicos são o ferro e o plástico, ambos recicláveis. Então deve-se atentar a esse tipo de produtos, pois é necessário proteger o meio ambiente e ao mesmo tempo reaproveitar e lucrar com alguns dos materiais encontrados.

A estratégia de alguns países desenvolvidos de exportar seu lixo eletrônico já não tem funcionado mais, visto que os povos estão mais atentos para esse tipo de comércio, principalmente através dos alertas gerados pelo monitoramento realizado pelo Greenpeace. É necessário lembrar que a gestão do lixo eletroeletrônico envolve não somente a desmontagem, a separação e a destinação. É necessário que haja uma gestão logística, que podemos chamar de logística reversa, na qual o produto fará o caminho inverso, do cliente até os produtores ou recicladores. Esse é um dos grandes desafios para as empresas que fazem esse tipo de trabalho.

De acordo com o relatório da UNEP de 2009 existem algumas importantes barreiras para a transferência de tecnologias de reciclagem de lixo eletroeletrônico no Brasil:

- Ao nível federal, falta uma política mais clara de gestão do lixo eletrônico.

- Apesar de existir a reciclagem de lixo eletrônico no Brasil em diversos estados, ele é focado apenas em alguns materiais específicos que tem maior valor agregado, não sendo assim considerado sustentável.
- O lixo eletrônico não parece ser uma prioridade para a associação de indústrias nacionais.
- Um sistema de reciclagem de lixo eletrônico com pagamento de taxas se torna muito impopular, pois o sistema tributário nacional já onera demais as empresas e os consumidores.

1.3.8. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi um importante passo dado pelo governo em prol da sustentabilidade e da correta destinação de resíduos sólidos, o que inclui o lixo eletroeletrônico. Dentre alguns dos principais pontos da política, podemos destacar a definição de metas para eliminação e recuperação de lixo, a distribuição ordenada de rejeitos em aterros sanitários, a elaboração de planos por parte dos municípios para que haja a correta destinação do lixo gerado, a implantação de logística reversa e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida de produtos, incluindo fabricantes, importadores, consumidores, etc. Fora esses pontos principais, esta lei institui alguns importantes princípios:

I - a prevenção e a precaução;

II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor;

III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;

IV - o desenvolvimento sustentável;

V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;

VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;

VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;

IX - o respeito às diversidades locais e regionais;

X - o direito da sociedade à informação e ao controle social;

XI - a razoabilidade e a proporcionalidade.

No que se refere à questão do lixo eletroeletrônico, a Lei define que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes devem estruturar e implementar sistemas de logística reversa mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Contudo, a dúvida que fica é sobre a viabilidade das empresas em estruturar e implementar essa logística reversa. Afinal, se não traz retorno às empresas, é muito provável que tal medida não seja implementada. E se não há multa, ou mesmo fiscalização, crescem as razões para que essas empresas fiquem estagnadas e nada façam a respeito.

Apesar de ser um importante passo à diante, essa lei ainda não é suficiente e não chega a estimular o crescimento de uma indústria de reciclagem e reaproveitamento, mas obriga as grandes empresas a darem um destino correto aos produtos, sem qualquer incentivo fiscal, apesar de abrir precedente para tal. Neste contexto, o *ecodesign* surge como um grande aliado para o atendimento às metas estabelecidas por essa nova lei. Através do uso das técnicas de *ecodesign* em seus produtos, os fabricantes podem facilitar a logística reversa, o reaproveitamento a desmontagem a reciclagem, reduzindo custos de uma atividade que passou a estar prevista em lei. Neste caso o melhor é a empresa se adaptar e buscar um retorno financeiro ou de imagem, atendendo aos requisitos da lei.

Segundo relatório da Abrelpe (2011), “não há dúvidas de que a intensificação das atividades de reciclagem passa, além da conscientização coletiva da população e de outras medidas práticas de incentivo, pela disponibilização de serviços públicos de coleta seletiva com eficiência e numa frequência adequada. Percebe-se que medidas informais ou meras instalações de postos de entrega voluntária em áreas públicas, não são, definitivamente, medidas suficientes para alavancar os tímidos índices de reciclagem observados atualmente.” (ABRELPE, 2011).

Entretanto, um ponto mereceu destaque no relatório, referente à influência da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal 12.305/2010 sobre os sistemas de gestão de resíduos no Brasil. “A pesquisa municipal conduzida pela Abrelpe

registrou, mesmo que não extensivamente a ponto de permitir projeções científicas de resultados, posturas positivas por boa parte de municípios consultados. A intenção concreta de realizar o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos até agosto de 2012 foi demonstrada por uma razoável quantidade de municípios pesquisados. Igualmente, e de forma até mesmo surpreendente, a mesma intenção também apareceu no tocante à obrigação para os municípios darem tratamento adequado, até agosto de 2014, aos resíduos e rejeitos sob sua responsabilidade. Esta sem dúvida, uma tarefa bem mais complexa e desafiadora, dadas as proporções atuais do déficit nessa atividade.” (LEI FEDERAL 12.305, 2010).

A grande vantagem nisso tudo é que agora temos diretrizes através da PNRS. Isso significa que foi apontado um “norte” para uma população que estava sem direção, e as previsões tornam-se otimistas. Agora é trabalhar para que a lei não fique somente no papel e seja aplicada, fiscalizada e melhorada.

1.3.9. CAMINHOS A SEGUIR

Segundo Manzini e Vezzoli (2008), a conscientização acerca do problema ambiental seguiu um caminho que se iniciou no tratamento da poluição gerada, ou seja, no tratamento das externalidades negativas impostas pelos processos, até o que hoje podemos chamar de *design* para o meio ambiente ou *ecodesign*, isto é, hoje interferimos nos processos produtivos para não gerar essas externalidades negativas, redesenhando produtos e processos. As técnicas chamadas de fim-de-tubo já não são mais o foco, pois é uma forma de remediação quando o que realmente é preciso são formas de prevenção. O *ecodesign* nada mais é do que o desenvolvimento de produtos pensando em todo o seu ciclo de vida, minimizando a utilização de recursos e de geração de resíduos. Mas este seria o mundo ideal, onde os resíduos e materiais para descarte seriam mínimos. Na realidade ainda estamos longe disso, portanto é premente que trabalhem para solucionar nosso problema com o lixo em geral e com o lixo eletroeletrônico, que cresce de forma assustadora pelo mundo, conforme será visto mais a frente.

Neste contexto, o *design* para desmontagem surge como uma das técnicas do *ecodesign* muito importante e promissora quando se fala em *design* para o meio ambiente. Um produto preparado para ser de fácil desmontagem e, conseqüentemente, de fácil reciclagem pode e deve trazer retorno para as empresas. Além de explicar o *ecodesign*, com uma atenção especial para o *Design for Disassembly*, é mostrado neste trabalho, que já existem empresas no Brasil trabalhando com o descarte,

reaproveitamento e reciclagem de produtos bem como outras empresas estão surgindo, inclusive na área de eletroeletrônicos, também com esta finalidade.

1.4. METODOLOGIA

Este trabalho é realizado através de uma revisão bibliográfica que se baseia em livros, encontrados durante pesquisas ou que tenham sido trabalhados e mencionados durante as aulas cursadas no mestrado. Além da utilização de diversos livros sobre desenvolvimento sustentável, *ecodesign* e PDP (Processo de Desenvolvimento de Produtos), também são pesquisados periódicos, principalmente no portal Capes, revistas e sites na internet que possam trazer informações relevantes para o tema trabalhado. Busca-se desta forma abranger uma boa quantidade de diferentes pontos de referência, fortalecendo assim os conceitos apresentados e estudados nesta dissertação de mestrado.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Inicialmente, ainda durante esta introdução, foi possível ver a forma de desenvolvimento estimulada pelo governo brasileiro e o que já ocorrera nos 20 anos que decorreram entre a Eco 92 e a Rio+20 no que tence o tema de desenvolvimento sustentável. Falou-se também um pouco sobre a sustentabilidade, passando pelas principais reuniões mundiais e suas pautas focando no documento mais recente desenvolvido na Rio+20 e suas resoluções. Foi abordada a situação da sustentabilidade no Brasil e em algumas partes do mundo no que se refere à reciclagem, ao tratamento do lixo e do lixo eletroeletrônico. Além disso, foi discutida a recém-aprovada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que já foi alvo tanto de elogios quanto de críticas. Foram apresentados também alguns caminhos que podem ser seguidos rumo ao desenvolvimento sustentável.

Na segunda parte deste trabalho, será apresentado o *ecodesign* como um caminho a ser seguido para o desenvolvimento sustentável, mostrando seus conceitos, suas principais ferramentas e princípios que possibilitam reduzir e facilitar a destinação dos produtos eletroeletrônicos em seu final de vida. Mostraremos também as principais oportunidades, vantagens e desvantagens da aplicação do *ecodesign* nos dias atuais.

Na terceira parte será exposto um modelo de referência de processo de desenvolvimento de produtos e usaremos os conceitos apresentados na segunda parte para propor como e onde os princípios e ferramentas do *ecodesign* poderiam ser encaixados e integrados a este modelo de referência de PDP.

A quarta parte do trabalho tratará de metodologia e do planejamento a serem utilizados no estudo de caso. Portanto, será apresentada uma metodologia para escolha e desenvolvimento do estudo de caso, seguida de um planejamento realizado para que o estudo atenda às necessidades deste trabalho e possa responder as questões de interesse principais.

Na quinta parte, apresentamos um estudo de caso em um local de destinação de eletroeletrônicos, mostrando custos, tempos, qualificações e esforços envolvidos na desmontagem e reciclagem destes produtos. São avaliados também os princípios do *ecodesign* que foram aplicados ou não nos produtos e o que isso representa numa situação de final de vida, gerando assim um guia de recomendações.

Finalmente, na sexta e última parte, serão apresentadas as conclusões deste trabalho, com suas considerações finais e propostas de continuidade de pesquisa. Espera-se que através deste trabalho e do estudo de caso seja possível demonstrar que o *ecodesign* é essencial para a redução dos impactos ambientais através da redução de custos de desmontagem e separação de materiais, facilitando a reciclagem e reaproveitamento de materiais e que a aplicabilidade das suas técnicas é de extrema importância para a indústria de eletroeletrônicos podendo trazer retorno financeiro ou de imagem para a marca.

2. *ECODESIGN*

Segundo Fiksel (2009), o conceito de *design* para o meio ambiente, ou *ecodesign*, surgiu nos anos 90, quando empresas tentavam incluir a consciência ambiental no desenvolvimento de produtos. Com algumas importantes publicações por volta de 1992, mesmo ano da Rio92, este tema passou a ganhar importância e hoje em dia tornou-se comum dentro da gestão ambiental corporativa. Dentro do escopo do *ecodesign*, pode-se citar:

- A proteção ao meio ambiente, incluindo o ar, a água, o solo e os ecossistemas;
- Saúde e segurança humana, garantindo que as pessoas não sejam expostas a riscos ou agentes de doenças crônicas;
- Sustentabilidade de recursos naturais.

2.1. CONCEITUAÇÃO DO *ECODESIGN*

Ecodesign, segundo Manzini e Vezzoli (2008), é a combinação de meio ambiente e *design*, ou seja, *ecodesign* é o *design* considerando-se critérios ecológicos. Isto quer dizer que se trabalha com questões ecológicas à montante, redesenhando os próprios produtos e considerando todo o ciclo de vida. Entretanto, os autores colocam também que esse termo e seu conceito ainda variam um pouco entre os estudiosos e uma definição precisa é difícil de ser definida.

Para R.Edwards (2005) o *design* ecológico foca nas interações entre arquiteturas, pessoas e natureza, utilizando os impactos (positivos ou negativos) para avaliar o *design* e o ciclo de vida de um produto reinterpretando assim o conceito de desperdício. O *ecodesign* explora os benefícios do *design* regenerativo e vai além de limitar o impacto ambiental, se esforçando para melhorar nossos sistemas de suporte de vida.

Fiksel (2009) chama o *ecodesign* de *design* para o meio ambiente, sendo que ele considera que também pode ser chamado de *design* para a eco eficiência ou *design* para o ciclo de vida. Para ele, “o *design* para o meio ambiente é a consideração sistemática do desempenho do projeto no que se refere ao meio ambiente, saúde, segurança e objetivos de sustentabilidade de todo o ciclo de vida do produto e de seus processos”. (FIKSEL, 2009, pág.6, tradução do autor).

É possível notar então que o *ecodesign* é uma nova forma de *design* que apresenta incluído em seus conceitos os cuidados com o meio ambiente. Esses cuidados surgem desde as fases iniciais do projeto e se estendem até o final de vida dos produtos, incluindo sua destinação final. A visão, portanto, passa a ser sistemática e a inovação

surge como algo essencial para o desenvolvimento destes produtos ambientalmente corretos. Portanto, trabalha-se nesta pesquisa com a definição de *ecodesign* como a integração holística de critérios ambientais aos projetos de produtos e processos, visando um melhor desempenho ambiental e maiores retornos tangíveis e intangíveis para as empresas. Desta forma, não vamos dissociar a preocupação com o meio ambiente ao retorno que as empresas possam ter, sejam eles financeiros ou não.

2.2. O PROJETO PARA O CICLO DE VIDA

É possível ver que o *ecodesign* está diretamente relacionado ao ciclo de vida de um produto, do ponto de vista mercadológico e, principalmente, do ponto de vista ambiental. Segundo Naveiro e Gouvinhas (2010), os quatro estágios do ciclo de vida de produto, na perspectiva de mercado, são caracterizados da seguinte forma:

- **Introdução:** elevadas despesas para a empresa, esforço para reconhecimento da marca, os preços costumam ser mais elevados e em alguns casos as margens de lucro são apertadas.
- **Crescimento:** aumento da demanda pelo produto, entrada de novos concorrentes e início da redução de custos de produção.
- **Maturidade:** redução da taxa de crescimento de vendas, estabilização do volume de vendas e uma disputa acirrada por posições no mercado.
- **Declínio:** redução significativa das vendas e alterações no produto para tentativa de manutenção das vendas.

Cada uma dessas fases citadas apresenta características distintas, tanto para produção quanto para comercialização. A Figura 5 apresenta graficamente os quatro estágios do ciclo de vida de produto, bem como as consequências de cada um para alguns critérios, como taxa de crescimento, quota de mercado, lucro e meios financeiros libertados.

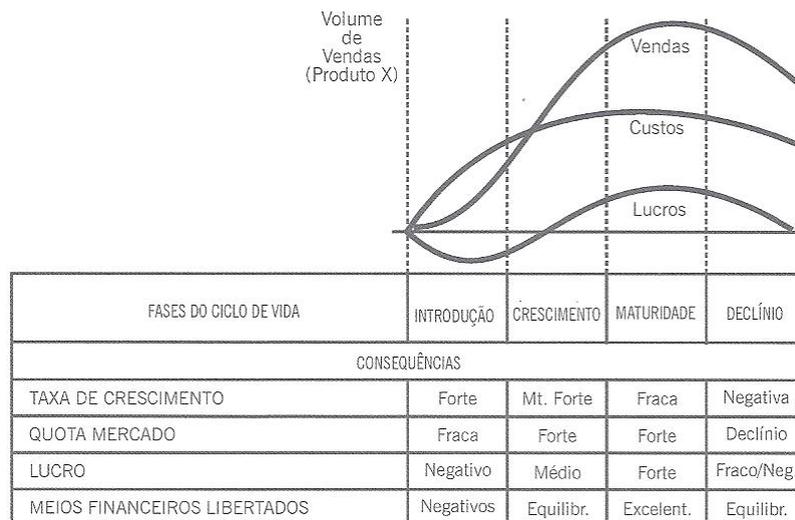


Figura 5 - Ciclo de vida de produtos e suas consequências

Fonte: Romeiro Filho *et al.* (2010, p.69)

Esta é uma representação já muito difundida e utilizada para o ciclo de vida de produtos, sendo uma forma das empresas analisarem e avaliarem o estágio de seus produtos no mercado. Pode-se dizer que essa curva vem se estreitando cada vez mais com o passar dos anos e com a evolução tecnológica. Desta forma, produtos que antes ficavam décadas no mercado, passaram a ter seu ciclo de vida encurtado abruptamente. O mesmo vale para os produtos eletroeletrônicos, e a consequência desse encurtamento da vida útil é uma maior geração de lixo, além da necessidade de dar o destino correto a mais produtos. Vale ressaltar que, anteriormente, a visão voltada para o meio ambiente dizia respeito somente à fase de declínio, na qual haveria maior quantidade de produtos em ponto de descarte. Tal visão assemelha-se às técnicas de fim-de-tubo usadas para tratar o problema e não para solucioná-lo. As técnicas de *ecodesign* abrangem o antes e o depois deste período, envolvendo todas as fases de mercado e de projeto, passando pela introdução, crescimento, maturidade e declínio. Posteriormente, também nas fases de destinação no fim de vida, ou seja, trazendo uma visão holística da vida do produto.

Para Naveiro e Gouvinhas (2010), “uma visão mais recente, voltada para a percepção ambiental sobre o ciclo de vida de um produto, é a caracterização das suas diversas etapas produtivas sucessivas desde a extração da matéria-prima para a sua realização até a sua deposição final”. Esta nova visão está representada na Figura 6, e é uma perspectiva que permite avaliar e reduzir impactos ambientais associados ao produto. Surge então um ciclo de vida de produto com etapas que vão do “berço” ao

“berço”, ou seja, existe mecanismo de logística reversa para reaproveitamento e reciclagem.

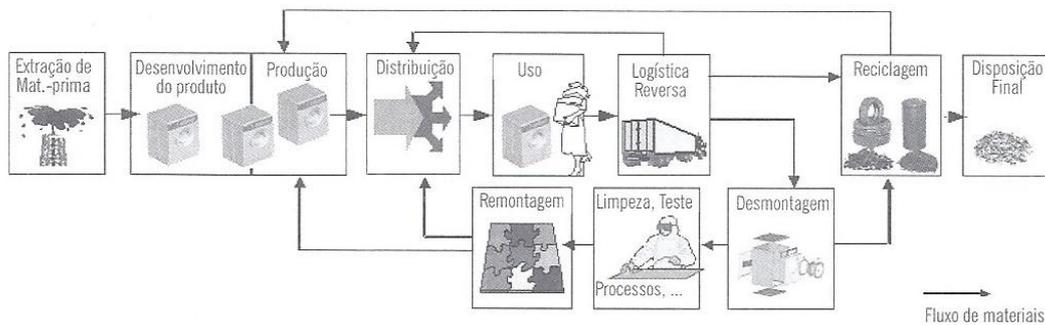


Figura 6 - Ciclo de vida do produto segundo a perspectiva ambiental

Fonte: Romeiro Filho *et al.* (2010, p.70)

O projeto do ciclo de vida do produto, também conhecido como *lifecycle design*, torna-se uma importante vertente no desenvolvimento de produtos ambientalmente corretos. “Juntamente com outros fatores – como custos, assistência, aspectos legais, culturais e estéticos – os requisitos ambientais devem ser levados em consideração desde a primeira fase do desenvolvimento de um produto. E isso é oportuno porque é muito mais eficaz agir preventivamente, já no projeto, do que buscar soluções, de recuperação ou paliativas, para danos já causados (soluções *end-of-pipe*). Em termos de projeto, é muito mais interessante, e eco-eficiente, intervir diretamente no produto em questão, do que projetar e produzir (a posteriori) soluções e produtos com o propósito de gerir os impactos ambientais.” (MANZINI; VEZZOLI, 2008, p.99).

O interessante nesse modelo é a união de vantagens econômicas com vantagens ambientais. Romeiro Filho e Gouvinhas (2010) classificam como benefícios gerados às empresas pela adoção do *ecodesign* os seguintes pontos: a operação de acordo com as leis ambientais vigentes; a redução de incertezas com respeito a futuros requisitos ambientais; a melhoria no acesso ao financiamento de apólices de seguro; uma melhoria na relação com a comunidade onde a indústria está inserida; uma contribuição para melhoria ambiental local, regional e conseqüentemente global.

Além dos limites naturais de nosso planeta, com o passar dos anos, as leis tornam-se cada vez mais rígidas devido à maior atenção despendida pelas pessoas quando o assunto é desenvolvimento sustentável. Desta forma, é necessário que as empresas consigam lidar com qualquer tipo de geração de poluição ou impacto ambiental para serem aceitas e bem vistas pela sociedade como um todo. Apesar de

ainda incipiente, trabalhar de forma preventiva torna-se uma abordagem mais barata e inteligente para agir sobre esse problema.

Segundo Manzini e Vezzoli (2008), o ciclo de vida do produto é dividido em cinco fases:

- Pré-produção
- Produção
- Distribuição
- Uso
- Descarte

Cada uma dessas fases apresenta a sua importância ambiental, com suas peculiaridades. As estratégias do *Life Cycle Design* (LCD) são basicamente reduzir o consumo de material e energia, selecionar processos e recursos que não sejam impactantes para o meio ambiente, otimizar o tempo de vida dos produtos e materiais e facilitar a desmontagem. Mais adiante, estes pontos-chaves serão abordados e expostos de modo mais detalhado.

2.3. FERRAMENTAS E PRINCÍPIOS DO *ECODESIGN*

O *ecodesign* apresenta diversos princípios e ferramentas que podem ser aplicados e desenvolvidos durante o projeto de produtos. No que se refere aos produtos eletroeletrônicos, alguns destes princípios ou ferramentas adéquam-se melhor ou pior. Dentre eles há avaliações quantitativas, qualitativas, análises de riscos, entre outros. Segundo Manzini e Vezzoli (2008) esses novos requisitos ambientais devem ser levados em consideração ao longo de todos os estágios do ciclo de vida, considerando-se também todos os fatores envolvidos. A seguir serão apresentados alguns dos princípios que mais se adéquam aos eletroeletrônicos.

2.3.1. MINIMIZAÇÃO DE CONSUMO DE RECURSOS

Manzini e Vezzoli (2008) colocam a minimização de recursos como a redução do consumo tanto de materiais quanto de energia para um determinado produto. Essa prática traz vantagens durante todo o ciclo de vida dos produtos. Primeiramente, é possível reduzir a extração de matérias primas da natureza, desta forma aumentando a preservação ambiental. Além disso, durante a fase de distribuição, haverá pesos e volumes menores para transportar, facilitando e barateando o transporte. Ao chegarmos à fase de descarte dos produtos, existirá uma menor quantidade de materiais a serem

destinados, gerando novamente um benefício ao ambiente. Vale lembrar também que todos os materiais envolvidos custam dinheiro, bem como a energia utilizada, portanto, esta também é uma forma de gerar uma economia aos produtores. Conforme já abordado, os produtos eletrônicos demandam intensamente de recursos naturais em sua confecção, logo, a minimização do uso desses recursos se torna um importante aspecto a ser analisado e melhorado.

Fiksel (2009) coloca como um dos princípios do *design* para o meio ambiente a desmaterialização. Isto nada mais é do que reduzir fisicamente o produto, o quanto for possível. Ou seja, caso haja a possibilidade de evitar um produto, colocando no mercado um serviço, tem-se então uma solução ambientalmente favorável (Figura 7). Além da transformação de produtos em serviços, a desmaterialização pode ser conseguida através de diversas técnicas, como a simplificação de processos, a remanufatura, o uso de materiais reciclados e aumento da vida útil do produto. O tipo de sistema representado na figura já é conhecido e é chamado de *Product-Service System* (PSS). Isso nada mais é do que “um conjunto comercial de produtos e serviços capaz de atender, em conjunto, as necessidades de um usuário. A relação produto / serviço pode variar, seja em termos de atendimento à função ou valor econômico” (MONT apud GOEDKOOPT ET AL, 2002). Segundo Mont (2002), o uso do conceito de PSS tem o potencial de trazer mudanças nos padrões de produção e consumo, o que pode acelerar o rumo às práticas e sociedades mais sustentáveis. Além disso, segundo alguns autores, o conceito de PSS pode ser promissor para empresas comerciais, governos e consumidores.



Figura 7 - O rumo da desmaterialização

Fonte: Elaborada pelo autor

Quando falamos de desmaterialização, temos que considerar que desfrutar de um bem-estar não significa possuir mais produtos. Pelo contrário, esta obsessão por consumir produtos não reflete uma forma inteligente ou sustentável de viver. A situação atual dos EUA e da Europa mostra que esta maneira de viver consumindo produtos excessivamente foi uma forma de desenvolvimento degradante para o planeta. No Brasil ainda há tempo para mudar esse cenário, porém, a cada dia que passa, é presenciado como cada vez mais a sociedade brasileira tende ao mesmo destino das sociedades americana e europeia. A desmaterialização pode ser exemplificada por uma família que decide viver sem o fogão, ou até mesmo sem a máquina de lavar. Isso quer dizer que essa família optou por não ter o bem material e passou a usar serviços externos que atendam outras pessoas ao mesmo tempo, como se alimentar em pensões ou lavar suas roupas em uma lavanderia. A desmaterialização também é um caminho que conseqüentemente levará ao consumo compartilhado de bens e serviços. Isto porque uma família não pode simplesmente parar de cozinhar e lavar suas roupas sem obter esse serviço de alguma outra forma.

O caminho apresentado pode ser de difícil visualização para alguns profissionais, principalmente quando esses são formados para desenvolver e produzir artefatos. Uma vez que o foco passa a ser outro, tanto a formação quanto a mentalidade desses profissionais devem ser modificadas. E desta maneira, o consumo de serviços será impulsionado, afinal uma vez que a necessidade de serviços apresente uma demanda cada vez maior, o seu consumo aumentará significativamente. Tentar transformar os produtos eletroeletrônicos como o computador em um serviço, pelo menos em parte não parece algo tão distante com os avanços da internet. O armazenamento nas nuvens com programas como o *Dropbox* ou *Google Drive* pode vir a eliminar uma grande quantidade de *Hard Drives* que ficariam armazenados em um único servidor muito menor em volume e com menos materiais envolvidos na produção. A eliminação de drivers e redução de torres e a utilização de menor quantidade de fios através do uso de redes sem fio caracterizam formas de redução de materiais em produtos. Já a utilização de softwares baseados em internet, o acesso a bancos online, assim como a transferência de diversos atendimentos para sua execução via internet, caracterizam outras maneiras de desmaterialização.

Além disto, o compartilhamento de bens e serviços é apontado como um caminho promissor e interessante a ser seguido, pois ele indica uma maneira sustentável de consumo. Esse conceito de compartilhamento de bens e serviços nada mais é do que

uma forma de reduzir a demanda por produtos, pois quando um produto serve a diversas pessoas ao mesmo tempo a consequência é a intensificação de seu uso e a eminente queda da necessidade de maiores quantidades dele. Segundo Manzini e Vezzoli (2008), “os produtos de uso coletivo ou compartilhado, que operam coletivamente entre vários usuários e com maior rendimento, levam-nos a perceber uma otimização dos recursos utilizados e a redução dos desperdícios”.

Contudo, o grande viés para essa nova maneira sustentável de consumo é o fato de a sociedade brasileira ter se tornado cada vez mais individualista, muitas vezes depreciando ou rejeitando o consumo compartilhado. Sem contar que a comodidade de dispor de seus produtos em sua casa também é um agravante para esse tipo de desmaterialização não se tornar tão popular ou de fácil massificação. Assim, é possível observar que antes da implementação de uma nova maneira de consumir, é necessário que haja uma mudança cultural na sociedade brasileira incentivando o consumo compartilhado em detrimento do uso individualista.

2.3.2. PROCESSOS E RECURSOS DE BAIXO IMPACTO

Além de reduzir ao máximo os recursos, é necessário que os materiais que venham a ser utilizados sejam de baixo impacto ambiental. O mesmo vale para os processos a serem empregados na produção, pois de nada adianta termos materiais de baixo impacto quando nossos processos geram resíduos ou poluição em excesso. Tanto Manzini e Vezzoli (2008) quanto Fiksel (2009) colocam como de extrema importância a não utilização de materiais tóxicos e prejudiciais, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente. Os impactos gerados por materiais tóxicos podem ser causados em qualquer fase da vida do produto, desde a extração da matéria-prima até o seu descarte. No caso de não haver forma de evitar o uso dessas substâncias, os devidos cuidados devem ser tomados. Sempre se deve estar atento a novos materiais e seus impactos.

Manzini e Vezzoli (2008) também dão uma atenção especial às fontes de energia. Deve-se optar pelas que não geram emissões perigosas ou resíduos, tanto nas fases de produção quanto de uso. Se ponderado cuidadosamente, chega-se a conclusão que esse tipo de energia não é algo trivial de ser desenvolvido, portanto é essencial a escolha de energias mais limpas entre as disponíveis, ou seja, optar por aquelas que geram menor quantidade de impactos na produção e na geração.

A metodologia de produção mais limpa, apresentada na Figura 8, visa eliminar a poluição no decorrer do processo produtivo e não no final. Neste caso, são levados em consideração não só as perdas de material, mas também as perdas relacionadas, por exemplo, à água e à energia.

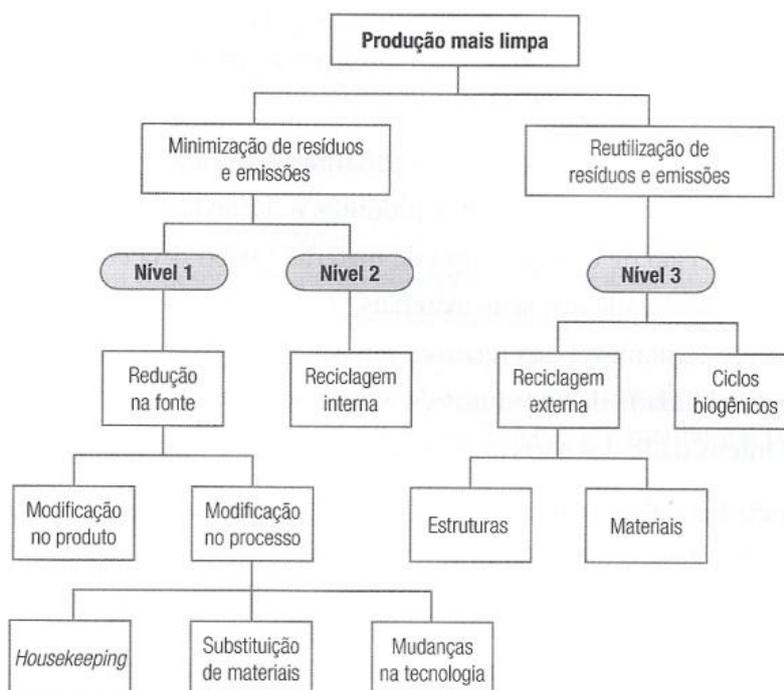


Figura 8 - Produção mais Limpa - Níveis de intervenção

Fonte: Barbieri (2007, p.137)

Segundo o Guia da Produção mais Limpa (PmaisL), essa é uma metodologia de aplicação contínua de uma estratégia ambiental de prevenção da poluição na empresa. Ela foca nos produtos e processos, com o intuito de otimizar o emprego de matérias-primas, de modo a não gerar ou a minimizar a geração de resíduos. Assim, reduzindo os riscos ambientais para os seres vivos, e trazendo benefícios econômicos para a empresa. São muitas as semelhanças entre o *ecodesign* e a PmaisL porém esta segunda é mais voltada para a fábrica e seus limites e não para o ciclo de vida do produto como um todo. Além disso, a PmaisL tem maior tendência a ser uma gestão econômica e não só ecológica. Isto não quer dizer que o *ecodesign* não traz vantagens econômicas, pelo contrário, ambos podem trazer retorno financeiro.

Uma boa comparação entre *ecodesign* e a PmaisL é a seguinte: “O *ecodesign* busca a redução de impactos ambientais através de seleções de materiais com menor impacto ambiental, evitando o uso de materiais tóxicos e danos ambientais substanciais

na sua extensão ou processamento. [...] Já o PmaisL busca redução dos impactos ambientais através da maximização da utilização dos recursos disponíveis como matéria-prima, energia, água etc. minimizando assim a geração de resíduos resultantes do processo de produção.” (BRITO; NUNES; BRAGA JR, 2009, p. 1507)

Isso mostra que tanto a PmaisL quanto o *Ecodesign* são suplementares, ou seja, eles podem ser trabalhados de forma conjunta. Aprofundando-se mais em alguns dos aspectos apresentados pelos principais autores do *ecodesign*, podemos também incluir a PmaisL dentro dos princípios colocados por eles, ou seja, na minimização do uso de recursos e na utilização de processos de baixo impacto. Além de que a produção mais limpa parece não ser suficiente por si só e existem algumas críticas relacionadas ao 4Rs (Redução, Reuso, Reciclagem e Recuperação energética).

Braungart (2002) afirma que reduções relacionadas a qualquer uma dessas quatro áreas não param a destruição e o esgotamento dos recursos, e sim reduzem a velocidade com que esses problemas ocorrem, não impedindo que eles venham a ressurgir em longo prazo. Obviamente a metodologia trará benefícios para o meio ambiente e retorno econômico para a empresa, porém há a necessidade de que se vá além. Por esta razão, uma combinação da PmaisL com o *ecodesign* e o projeto para desmontagem e reciclagem é essencial para a sustentabilidade ambiental e até mesmo para a mudança comportamental dos consumidores.

2.3.3. OTIMIZAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO PRODUTO E SEUS MATERIAIS

Para Manzini e Vezzoli (2008), a vida útil de um produto é considerada a partir do tempo em que um produto pode durar conservando suas características de rendimento e serventia, ou seja, que esteja em condições normais de uso. Os principais motivos que possam vir a afetar de modo negativo a vida útil de um produto são a degradação da estrutura ou de suas propriedades, por danos causados por algum tipo de incidente ou uso indevido e também por obsolescência tecnológica, cultural ou estética.

Ainda é recomendável que se considere que é possível trabalhar em duas linhas principais: o aumento da durabilidade dos produtos e a intensificação do uso. Vale lembrar que nem sempre a intensificação do uso será ambientalmente correta. Se novos produtos substitutos forem mais adequados ao meio ambiente, isto indica que a durabilidade dos produtos antigos deve ser revista, evitando desperdícios de dinheiro e maior impacto ambiental. Se você possui uma frota de carros, por exemplo, e um novo carro é lançado que é menos intensivo em recursos e gasta menor quantidade de

combustível, talvez não seja inteligente manter o uso intensivo dos seus antigos automóveis. É tudo uma questão de matemática, do que trará menor prejuízo ao meio ambiente. Por outro lado, a empresa que produz esses carros deve avaliar o tempo de vida útil desses produtos, aumentando-o para os automóveis novos e diminuindo-o para os automóveis mais antigos.

Fiksel (2009) coloca o aumento da vida útil dos produtos e materiais como uma das técnicas mais diretas de redução do uso de materiais e recursos, pois reduz na média o consumo de matérias-primas e insumos, gerando um bem ambiental maior. Entretanto, quando falamos de computadores, celulares e alguns eletroeletrônicos em geral, o tempo de vida útil é maior do que o uso primário, ao considerarmos a obsolescência tecnológica. Mais uma vez pode-se notar o quão importante é o tratamento do lixo eletrônico. Apesar de sua vida útil ser relativamente alta, é um tipo de lixo que se acumula, principalmente, por esta obsolescência. Fora isso, Fiksel (2009) coloca que há um grande *trade-off* entre o custo do produto e a longevidade, pois para alguns produtos, os consumidores não aceitarão pagar um valor maior para uma vida útil mais longa.

Podemos alegar que um dos maiores vilões quando falamos de eletroeletrônicos é a obsolescência tecnológica. Novos processadores, novas memórias, novas tecnologias surgem deixando para trás as antigas. E na maioria das vezes não há a possibilidade de realizar um *upgrade* no aparelho anterior por falta de compatibilidade. A obsolescência programada é utilizada como uma forma de manter o comércio e o consumo, fazendo com que os consumidores se sintam ultrapassados e passem a demandar uma tecnologia superior e incompatível com a anterior. A questão é que produtos deste tipo não são facilmente descartados, reaproveitados e reciclados, gerando assim uma enorme quantidade de lixo para tratamento. O grande exemplo desse tipo de situação são os aparelhos celulares, que mudam de tamanho, cor e funcionalidade a cada ano gerando novas demandas e novos descartes. Apesar de ser em menor escala, os computadores e laptops também passam por esse fenômeno, pois em aproximadamente dois anos eles já são “ultrapassados” devido às novas tecnologias que surgem no mercado da tecnologia.

2.3.4. PROJETO PARA A DESMONTAGEM

O projeto para desmontagem e reciclagem também é um aspecto importante a ser abordado. No que se refere ao lixo eletroeletrônico, pode-se considerar como um dos

mais importantes conceitos a ser levado em consideração quanto ao desenvolvimento de novos produtos. Duarte (1997) *apud* Romeiro Filho (2010), ressalta que o projeto do produto deve prever a desmontagem, visando à viabilidade da remanufatura, o reaproveitamento de componentes e a reciclagem de materiais. Produtos de fácil desmontagem são mais propícios ao reaproveitamento de suas peças, gerando menos desperdício. Esse tipo de abordagem ambientalmente correta também afeta a qualidade da reciclagem, evitando o que pode ser chamado de *downcycling*⁴.

“Como se pode notar, a maioria dos processos de reciclagem é na realidade um processo de *downcycling*; há a redução da qualidade do material com o passar do tempo. Quando plásticos são reciclados, com exceção daqueles encontrados em garrafas de água, eles acabam sendo misturados com diferentes tipos de plástico para a produção de um produto híbrido e de menor qualidade. Esses novos plásticos são utilizados para a produção de bancos de parques ou quebra-molas. Metais também passam frequentemente pelo *downcycling*. Por exemplo, o metal de alta qualidade usado em automóveis é reciclado através do seu derretimento em conjunto com outras partes do carro, incluindo o cobre dos cabos, a tinta e algumas peças de plástico. Esses materiais reduzem a qualidade do aço reciclado.” (McDONOUGH; BRAUNGART, 2002, p.56, tradução do autor).

Conforme observado, essa é uma parte fundamental do projeto de produtos e está relacionada diretamente com o *ecodesign* e até mesmo com a produção mais limpa através do reaproveitamento de materiais. Segundo Manzini e Vezzoli (2008) existem diversas razões ambientais para se adotar uma estratégia de *Design for Disassembly*⁵ (DFD) como a extensão de vida do produto e dos materiais assim como a possibilidade de separação de produtos considerados tóxicos ou nocivos. Este não é um processo simples, pois é composto de diversas etapas e deve ser pensando de forma cuidadosa e metódica.

Fiksel (2009) afirma que o propósito do *design* para a desmontagem é o de garantir que o produto, ao final de seu ciclo de vida, seja desmontado com o menor custo e esforço possível. Caso haja um produto que você não consiga separar, independente de seu valor, você não poderá recuperá-lo. Outra vantagem do produto ser de fácil desmontagem é a de realização de manutenção ou troca de componentes quando

⁴*Downcycling* é um termo utilizado para representar uma reciclagem na qual o material perde sua qualidade original por ser misturado com outros.

⁵Também conhecida como projeto para a desmontagem.

for o caso. Quando se fala desta técnica, é importante que o produto seja simplificado, reduzindo os diferentes tipos de materiais utilizados, o número de componentes, criando peças multifuncionais, etc. Isso inclusive nos remete a Henry Ford quando passou a utilizar peças intercambiáveis em sua linha de produção no início do século passado. Ironicamente, em alguns casos, parece até que ocorrera um retrocesso, como é o caso de empresas produtoras de celulares que produzem carregadores e baterias incompatíveis entre seus próprios modelos de aparelho.

Vale mencionar que partes embutidas são difíceis de serem reutilizadas e quando estão anexadas em materiais incompatíveis, atrapalham a reciclagem, ou impedindo que ela aconteça ou gerando o *downcycling*. Fiksel (2009) apresenta algumas diretrizes para agilizar o processo de desmontagem e recuperar a maior quantidade possível de componentes. Dentre essas diretrizes, estão:

- Evitar molas, polias, arreios, pois dificultam a desmontagem;
- Minimizar o uso de adesivos, soldas e materiais incompatíveis;
- Utilizar encaixes de pressão, pois são baratos e fáceis de desmontar;
- Evitar superfícies roscadas e parafusos, pois aumentam os custos de montagem e desmontagem;
- Utilizar métodos de colagem alternativos, dependendo da necessidade de separação das peças no final da vida útil;
- Utilização de grampos ou cliques para unir peças, garantindo a fácil desmontagem.

A desmontagem de produtos deve seguir uma sequência lógica, que pode ser representada por uma árvore de desmontagem, a qual é representada na Figura 9. Essa árvore de desmontagem segue uma lógica inversa a um planejamento mestre da produção com seus itens-pai e seus respectivos itens-filho.

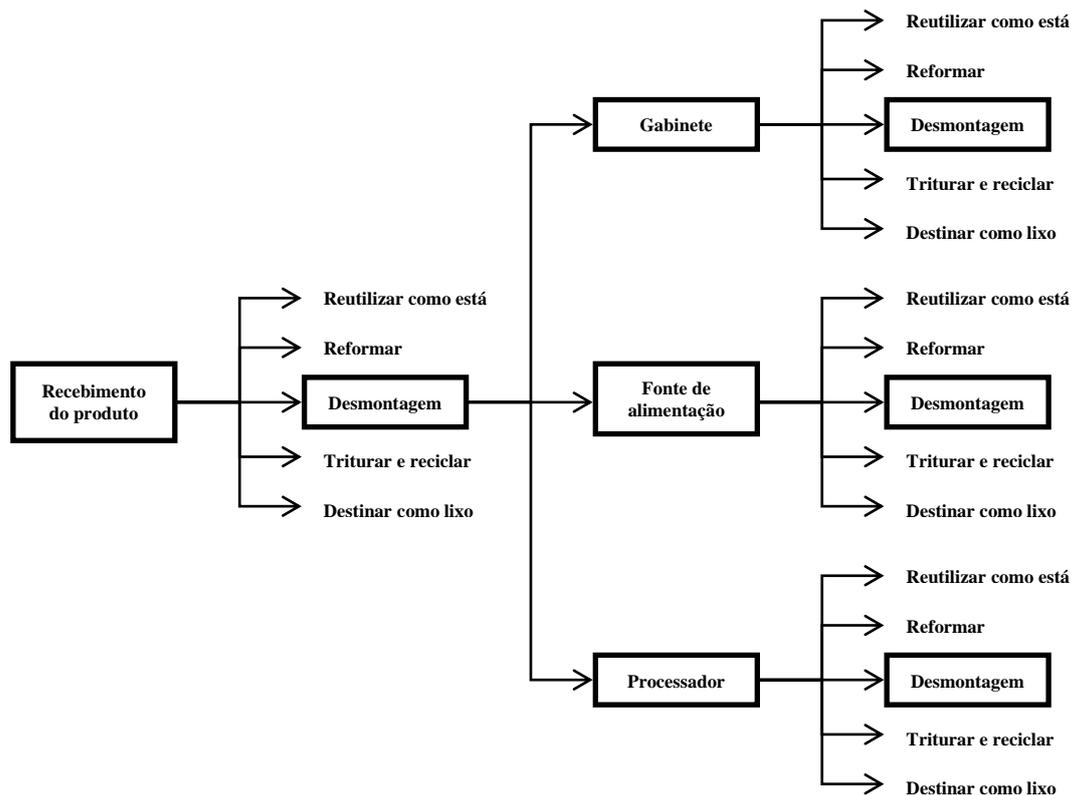


Figura 9 - Exemplo de uma árvore de desmontagem de um produto eletrônico

Fonte: Adaptado de Fiksel (2009, p.144)

Para Ashby (2009), vide Figura 10, existem algumas opções ao final da vida do produto:

- Aterro – Os aterros não são capazes de absorver tudo que é depositado neles e em algumas partes do mundo já estão superlotados.
- Combustão para captura de calor – É uma opção de recuperar a energia contida nos produtos, porém não é algo trivial a ser feito, visto que deve haver uma separação de materiais e que a combustão deve ser controlada, evitando a geração de resíduos tóxicos e emissões de dióxido de carbono.
- Reciclagem – Reprocessamento de materiais recuperados, retornando assim para a cadeia de uso do produto. A questão é que não necessariamente voltaria para a mesma cadeia, visto que o *downcycling* pode atrapalhar esse processo.
- Reengenharia e recondicionamento – Deve-se avaliar financeiramente a viabilidade de seguir por esse caminho. A moda, o estilo predominante na sociedade pode vir a inviabilizar esse tipo de ação.

- Reuso – Redistribuição do produto para consumidores que aceitam produtos usados e que fazem o uso deste para o que ele foi concebido ou para usos alternativos ou adaptações.

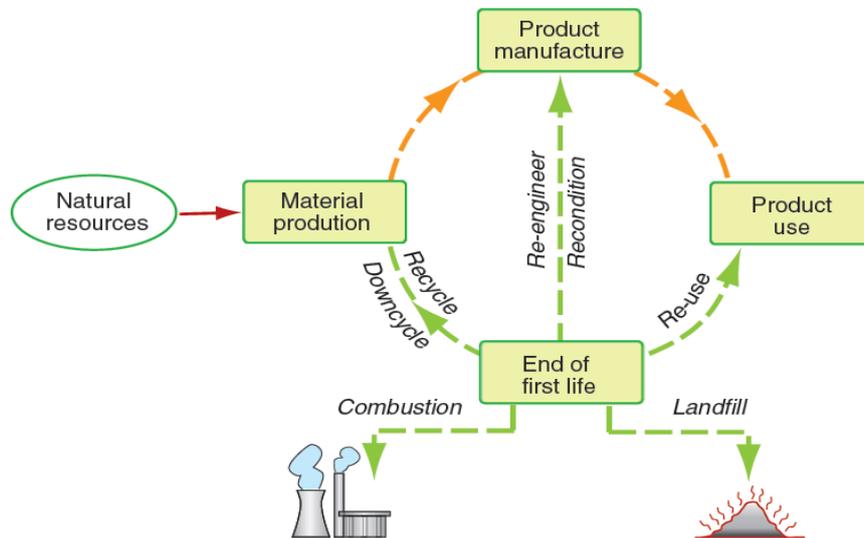


Figura 10 - Opções para o fim de vida de produtos

Fonte: Ashby (2009, p.67)

Vale lembrar que Manzini e Vezzoli (2008) mostram a importância que deve ser dada para o *design* e para o descarte. Nem todas as partes de um produto poderão ser reaproveitadas ou recicladas, portanto deve-se pensar também na forma de dar um destino a essas peças. Existem três níveis de intervenção que podem ser destacados:

- Imediato – produtos que já existem e necessitam de descarte, portanto não podem ser alterados em seu projeto.
- Curto prazo – produtos que estão em fase de projeto (porém já avançado) e que permitem modificações incrementais, portanto há a possibilidade de implementação de melhorias.
- Médio e longo prazo – produtos em fase de projeto inicial e que permitem uma mudança completa, ou seja, inovações radicais.

Esses níveis de intervenção se encaixam perfeitamente em projetos em geral. A medida que o projeto avança, mais difícil e mais caro serão as realizações de modificações. Por esse motivo, pode-se dizer que é muito importante que o produto seja pensado desde o início levando-se em consideração sua forma de desmontagem, reciclagem e descarte. Desta forma, tem-se um produto mais barato e com maiores possibilidades de reutilização de seus materiais após o final de sua vida útil.

Manzini e Vezzoli (2008) afirmam que em termos de meio ambiente, é preferível reutilizar o produto ou seus componentes do que reciclar ou incinerar seus materiais (sem mencionar a possibilidade de jogá-los em um aterro). Hoje em dia, infelizmente, os altos custos de manutenção, reparo, reutilização e remanufatura fazem com que a maioria da destinação seja a reciclagem e a incineração. Obviamente essas duas formas são preferíveis à deposição em um aterro, porém isso não é o ideal. Percebe-se na Figura 11 que os custos são de suma importância para as decisões a serem tomadas no fim de vida dos produtos. Esse tipo de decisão, baseada em custos, também entra na árvore de desmontagem do produto, apesar de não estar representada na Figura 9. É importante mencionar que o *Design* para a desmontagem e para a reciclagem favorece a redução destes custos.

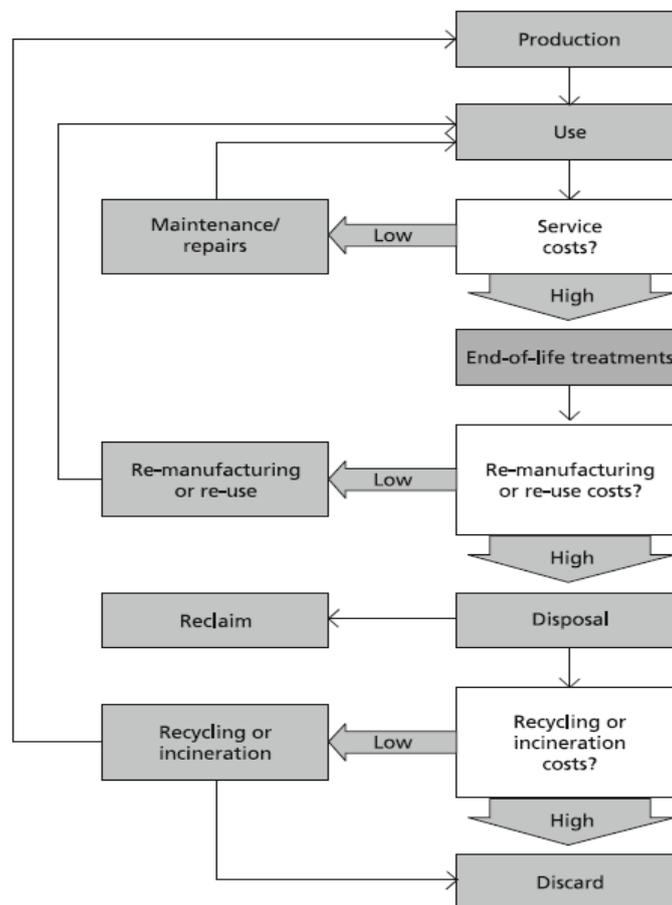


Figura 11 - Custos de disposição e decisões

Fonte: Manzini; Vezzoli (2008, p.70)

Segundo McDonough e Braungart (2002), as montanhas de lixo se acumulando em aterros não é o maior dos problemas do *design* do tipo berço ao túmulo (*cradle to*

grave), mas sim a contaminação, a perda ou o desperdício de nutrientes, tanto para a natureza quanto para as indústrias. Os autores alegam que existem os produtos *frankenstein*, ou seja, monstros híbridos com diversos tipos de materiais e que não podem ser salvos no final da vida do produto. É importante que a sociedade entenda que um produto pode ser usado mais de uma vez, pode ter mais de uma vida, assim como os seus materiais. Para isso passaremos de um tipo de *design* do berço ao túmulo para um tipo de *design* chamado do berço ao berço (*cradle to cradle*), e para tal, é essencial que os produtos sejam pensados levando em consideração os princípios do *ecodesign*, incluindo o *design* para a desmontagem e para a reciclagem.

Ao falar-se em tratamentos em final de vida de produtos, vale mencionar as listas de “a fazer” e de “não fazer” desenvolvidas por Mel Schwartz (2011). Segundo o autor, que corrobora com as opiniões dos demais, a questão do lixo eletrônico é uma questão de saúde pública, então é importante saber o que fazer quando se trata do final de vida de produtos como esses. Pensando nisso, o autor desenvolveu duas listas de ações. A lista do “a fazer” traz os seguintes itens:

- Antes de pensar em reciclagem, desenvolva soluções para seus consumidores com a quantidade mínima de hardwares. O primeiro passo no gerenciamento de fim de vida é o *design* para o fim de vida.
- Adie a reciclagem, desenhando produtos e seu modelo de negócios para que possa ser reutilizado. Os produtos podem viver mais tempo com atualizações e remanufaturas eficientes.
- Faça a coleta dos produtos fora de uso de seus consumidores, e busque nestes produtos peças ou materiais valiosos que podem ser reaproveitados na sua manufatura.
- Faça o *design* de seus produtos para uma reciclagem de alto valor agregado. Treine os seus engenheiros em princípios do DFE (*Design for environment*), para que os produtos sejam fáceis de desmontar, assim facilitando o reuso e reaproveitamento de materiais valiosos.
- Minimize os custos e o impacto ambiental da coleta dos produtos. Desenhe uma logística reversa de acordo com a distância mínima percorrida e as mais baixas emissões de carbono.

Já a lista do “não fazer” traz os seguintes itens:

- Não assuma que as fotos que você já viu de atividades inseguras de reciclagem em locais não regulados sejam falsas. Esse tipo de atividade pode ser tão ruim para a saúde humana e ambiental quanto parece.
- Não use um reciclador que não ofereça prova de como e onde os seus produtos forma reciclados. Os produtos possuem sua marca e é dada publicidade a empresas que reciclam produtos de forma irresponsável.
- Não espere até o fim do ciclo de *design* ou manufatura de seu produto para criar o seu canal de logística reversa e plano de reciclagem. Desenvolva produtos para maior aproveitamento na reciclagem.
- Não pense que ninguém mais vai querer o produto ao término de seu primeiro uso. Vendas de segunda e terceira mão são negócios multimilionários para alguns. Logo, pode ser para sua empresa ao invés de ser para um negociador.
- Não escolha um reciclador que terceirize outro reciclador que você desconheça.

2.3.5. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

Life Cycle Assessment (LCA) ou Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica utilizada para definir o impacto ecológico causado por um produto durante um determinado período do seu ciclo de vida. Segundo a ISO 14040 que diz respeito à Avaliação do Ciclo de vida, a ACV é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante:

- a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto;
- a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas;
- a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos.

“A ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do “berço ao túmulo”), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas.” (ABNT, 2001).

Segundo Manzini e Vezolli (2008), a aplicação desta ferramenta serve para definir um quadro de interações entre determinadas atividades e o ambiente, bem como contribuir para a compreensão da complexidade e das consequências que essas

atividades podem gerar, principalmente para o meio ambiente. Fora isso, esta é uma forma de trazer maiores informações para quem tem poder de decisão, com a finalidade de propor melhorias nas condições ambientais. Essa é uma ferramenta que pode e deve ser usada dentro do Projeto de Desenvolvimento de Produto, pois ajuda a planejar estratégias ambientais de desenvolvimento, a desenvolver o *design* dos produtos e dos processos e, além disso, pode servir como marketing para a empresa.

Um dos programas que permitem a aplicação da ACV é chamado Gabi (<http://www.gabi-software.com/brazil/index/>). A utilização pode variar entre fases do ciclo de vida de um produto ou a totalidade deste. A modelagem é realizada de acordo com a necessidade do utilizador, aumentando a complexidade à medida que se aumentam as fases a serem analisadas.

O Gabi software permite modelar todos os elementos de um produto ou um sistema a partir de uma perspectiva do ciclo de vida, o que permite ajudar as empresas em tomadas de decisões por prover melhores informações sobre esses sistemas ou produtos. Os modelos podem ir desde a fabricação de um palito de fósforo à operação de um aeroporto. O programa apresenta um vasto banco de dados com conteúdo atualizado e fácil acesso detalhando o impacto energético e ambiental de abastecimento de matérias primas ou de cada elemento bruto ou processado de um item manufaturado. O software permite uma análise do impacto sobre o meio ambiente e apresenta alternativas para a fabricação, distribuição, reciclagem, poluição e sustentabilidade. Os indicadores de pegada ecológica e pegada de carbono, mencionadas anteriormente, podem ser obtidos através deste software. Ele serve como uma excelente base de trabalho para as empresas e para que elas possam avaliar o impacto de seus produtos e processos, além de possibilitar trazer algumas vantagens mercadológicas, como:

- Criar produtos mais sustentáveis
- Reduzir custo com recursos
- Desenvolver processos mais sustentáveis
- Aumentar a preferência pelos produtos da empresa (mais sustentáveis)
- Melhorar a conformidade às regulamentações
- Aumentar o valor da marca

O seu uso não é trivial, portanto o ideal é a realização de um curso para utilização do sistema de acordo com o preconizado. Existem também outros programas desse tipo no mercado e é importante lembrar que todos eles são pagos.

2.4. OPORTUNIDADES, VANTAGENS E DESVANTAGENS

O primeiro dos problemas a ser abordado é o *rebound effect*. Apesar de muitos esforços de reprojeto de produtos, de melhorar sua ecoeficiência e reduzir a sua pegada ecológica, nem sempre o que se vê são resultados positivos, ou seja, o consumo de recursos naturais acaba aumentando. “É o chamado efeito *boomerang* (*rebound effect*), isto é, o fenômeno através do qual, devido a uma intrincada trama de eventos, as escolhas consideradas positivas para o ambiente, demonstram gerar novos problemas quando colocadas em prática. De fato, observamos que cada melhoria tecnológica introduzida com a intenção de aumentar a ecoeficiência de produtos e serviços – por motivos enraizados na complexidade do sistema sociotecnológico como um todo – se transforma “naturalmente” em uma nova oportunidade de consumo, conseqüentemente aumentando a insustentabilidade dos sistemas nos quais foi introduzida.” (MANZINI, 2008, p.43).

Esse é um problema que leva este nome, pois parece ser cíclico. As pessoas estão ficando cada dia mais interessadas no tema sustentabilidade e isto favorece um trabalho de marketing das empresas sobre seus produtos ambientalmente corretos. O trabalho pode estar sendo bem feito, através do *ecodesign*, de um processo produtivo limpo e com possibilidade de desmontagem após o final da vida útil, porém o produto pode passar a ser vendido em quantidades muito maiores do que antes das melhorias na sua ecoeficiência. O que pode acontecer é que as melhorias empregadas no produto, ou seja, as vantagens para o meio ambiente, não sejam suficientes para compensar o aumento das vendas e no balanço geral a degradação ambiental e o consumo de recursos será ainda maior do que antes. O balanço não é trivial de se notar, portanto podemos pensar que estamos fazendo um ótimo trabalho, trazendo melhorias para nossas vidas e das futuras gerações quando na verdade não estamos mudando nada ou estamos apenas atenuando os impactos. Esse é um ponto que pode vir a desestimular o uso de técnicas sustentáveis de desenvolvimento, produção e descarte de produtos. Se atualmente não podemos reverter nossa intervenção no meio ambiente, é nosso dever ao menos reduzi-la.

É aqui que deve ser questionado como superar esses problemas para tomarmos o rumo da sustentabilidade ambiental e não o caminho contrário. Como convencer uma empresa a aplicar técnicas que podem não trazer o retorno ambiental esperado? Muitas pessoas ainda têm a visão de que desenvolvimento sustentável custa caro. Isso não é verdade, pois essa forma de se desenvolver pode e deve ser acompanhada de retornos

tangíveis ou intangíveis. A temática ambiental deve estar dentro da estratégia da empresa, com a finalidade de ganhos em competitividade.

“O tema da sustentabilidade, portanto, entra no debate e na prática das empresas também em relação às políticas ambientais, que são pressionadas a fazer hoje, para não estarem despreparadas amanhã. Ou melhor ainda: para no futuro estarem em vantagem na competição com a concorrência.” (MANZINI; VEZZOLI, 2008, p.83).

O processo de inovação também é fundamental para aliviar ou eliminar os efeitos “rebote”. O sistema nacional de inovação, composto pelas universidades (pesquisas), pelo governo (investimentos) e pelas empresas (aplicação de inovações), deve ser fortalecido, permitindo a integração entre seus três pilares e favorecendo a inovação. A criação de novos métodos mais limpos e de novas tecnologias mais modernas é essencial para o desenvolvimento e para a sustentabilidade.

“A produção mais limpa ou sustentável, incluindo o desenvolvimento de produtos verdes, sistemas de produtos e serviços e serviços por si só, têm obtido um foco significativo. Alguns esforços também são dedicados a inventar novos produtos ou canais de distribuição. Faz sentido levar em conta os aspectos ambientais no processo de inovação.” (tradução livre de HERTWICH, 2005, p.94).

Às vezes pode parecer que não temos muitas saídas e que a busca pela sustentabilidade ambiental não passa de uma utopia, mas Manzini (2008) afirma que nós passaremos por um processo lento de aprendizagem social através de tentativas e erros, até mudarmos nossa forma de vida.

Fora isso, muito se fala sobre o processo de reciclagem e reaproveitamento de materiais. Muitas empresas dizem que estão praticando o *ecodesign* quando na realidade não estão. A princípio parece muito simples e algumas pessoas acreditam que um plástico, por exemplo, pode ser reciclado indefinidamente sem perdas de qualidade. Quem pensa desta forma está profundamente enganado. Em grande parte das vezes, o que acontece no processo de reciclagem é o chamado *downcycling*.

São muitos os tipos de produtos que passam pelo *downcycling*, ou seja, após a reciclagem se tornam um material de menor qualidade para usos menos nobres. Segundo McDonough e Braungart (2002), até mesmo as famosas latas de alumínio passam por esse processo e perdem qualidade de material, pois o alumínio é derretido juntamente com a tinta e com o revestimento da lata, gerando um material mais fraco e de menor utilidade. No final das contas, essa forma de reciclagem pode se tornar até mesmo mais cara para o produtor, dependendo de como ela é realizada. No Brasil, vale

destacar que existe uma enorme quantidade de latinhas de alumínio recicladas, mas que fique claro que não é pela consciência da população, e sim, por ser um produto energo-intensivo o que acaba trazendo retorno financeiro para quem as recicla. Isso mostra que, havendo retorno, a tendência é um aumento desse tipo de atividade.

O *upcycling*, por sua vez, busca agregar valor ao material a ser reciclado, tornando-o com qualidade superior ou com nova utilidade. Esta segunda forma de reciclagem é mais interessante, pois evita perdas de qualidade e até mesmo financeiras, usando produtos inúteis ou fora de uso e transformando-os em novos materiais ou produtos. Para que seja mais fácil a realização do *upcycling* em detrimento do *downcycling*, é fundamental que seja feito o projeto para desmontagem (*design for disassembly*). O fato de poder separar todas as peças e materiais após o final da vida útil do produto permite que uma maior parte seja reaproveitada. Como é possível a separação dos materiais, podemos evitar ao máximo o *downcycling*, evitando a perda de qualidade de material devido a misturas. Mais uma vez é possível usar o retorno financeiro como justificativa para a aplicação do projeto para desmontagem e do *upcycling*.

De acordo com Manzini e Vezzoli (2008), a eficiência econômica deve ser procurada por meio da redução dos custos de reciclagem e pela valorização dos materiais reciclados. Quanto mais tempo se leva na desmontagem, maiores são os custos, mas em contrapartida há maior quantidade de materiais disponibilizados para reutilização. Portanto deve ser analisado qual será o ponto ótimo neste processo.

Em se tratando de oportunidades, o mais importante a frisar, principalmente quando falamos da indústria de eletroeletrônicos, é a necessidade de atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Como a lei exige a definição de uma logística reversa e a correta destinação aos produtos que as empresas venham a desenvolver, o *ecodesign* torna-se o caminho mais lógico e barato para atender a esses requisitos. Além disso, as diversas discussões envolvendo a sustentabilidade e a maior conscientização da população mundial podem trazer uma vantagem competitiva para as empresas que decidam desenhar seus produtos e processos de forma ecologicamente correta, ou seja, as empresas preocupadas com o meio ambiente serão mais bem vistas no mercado.

Entre as vantagens do uso do *ecodesign*, Romeiro Filho *et al* (2010) coloca:

- A operação de acordo com a legislação ambiental vigente;
- Redução de incertezas quanto a futuros requisitos ambientais;
- Melhoria do acesso a financiamentos e apólices de seguro;

- Melhoria da relação com a comunidade;
- Contribuição para a melhoria local, regional e global.

Fora isso, o uso do *ecodesign* é uma forma de motivar a inovação e o desenvolvimento de bons projetos de produtos e processos, o que acaba resultando em novas ideias e soluções. A redução de custos também pode ser alcançada através da avaliação de todas as etapas do ciclo de vida do produto conforme visto na Tabela 4.

Cada fase de vida do produto apresenta diversas oportunidades de melhoria, que trazem ganhos ambientais e retornos para as empresas. Isso se consegue com redução dos custos de produção, com melhoria da qualidade dos produtos e com a otimização de consumo de água, energia e materiais. Nunca se deve parar de procurar oportunidades de melhorias, pois elas sempre existirão e sem dúvida alguma trarão algum tipo de retorno quando aplicadas.

Tabela 4 - Melhorias por fase de vida provenientes da aplicação do *ecodesign*

Fonte: Adaptado de Ashby (2009, p.55)

Materiais Minimizar	Manufatura Minimizar	Transporte Minimizar	Uso Minimizar	Descarte Selecionar
Massa Energia incorporada CO ₂ /kg	Energia no processo Água no processo Desperdícios no processo CO ₂ /kg	Massa Distância Energia utilizada	Massa Perdas elétricas Perdas térmicas	Materiais não tóxicos Materiais recicláveis

Cabe ainda ressaltar que quando fala-se de projetos em geral, aqueles que incluem o desenvolvimento de produtos, a cada momento fica mais caro e difícil a aplicação de modificações. Rozenfeld *et al* (2006) mostra que as fases iniciais do desenvolvimento de produtos são as mais importantes, já que no início, o grau de incerteza é grande, entretanto é neste momento em que as escolhas de soluções de projeto são feitas, e estas escolhas acabam por determinar aproximadamente 85% dos custos de um projeto conforme apresentado na Figura 12. Isso quer dizer que se a empresa esperar para aplicar técnicas de *ecodesign* nas fases mais a jusante ou após o lançamento do produto, provavelmente não o fará devido aos altos custos de modificação. Por isso vale a pena trabalhar com a ecoeficiência dos produtos desde as fases iniciais do projeto.



Figura 12 - Características das fases iniciais de desenvolvimento

Fonte: Rozenfeld *et al* (2006, p.61)

Em suma, as vantagens de utilização do *ecodesign* são maiores do que os problemas que possam vir a surgir, mostrando que o caminho ambiental é o correto e está sendo mais seguido a cada dia pelas empresas. As oportunidades estão surgindo agora e muito provavelmente, quem não aproveitá-las ficará, em um futuro breve, fora do mercado, perdendo a preferência dos clientes, perdendo em marketing e com dificuldades de atender as exigências crescentes dos governos e da sociedade. O *ecodesign* não deve ser pensado como uma obrigação ou como uma técnica ou ferramenta que somente permitirá atender aos requisitos legais existentes. Ele deve ser pensado como um caminho para o futuro no qual teremos produtos e processos menos custosos e com uma qualidade ambiental superior.

3. PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO *ECODESIGN* AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A integração dos princípios e ferramentas do *ecodesign* ao processo de desenvolvimento de produtos é uma forma de possibilitar o *design* de produtos e processos com uma abordagem ambiental e é um caminho que deve ser avaliado e pensado para que se possa gerar, cada vez mais, produtos ambientalmente corretos, ou seja, sustentáveis. Existem diversos processos relacionados ao desenvolvimento de produtos e segundo Rozenfeld *et al* (2006), para que o Processo de desenvolvimento de produtos (PDP) seja bem sucedido, é essencial a sua integração com outras funções e processos da empresa. Conseqüentemente, para que os princípios do *ecodesign* também sejam integrados, eles devem estar envolvidos nos outros processos também de forma que os requisitos ambientais sejam atendidos. A Figura 13 representa os processos envolvidos no desenvolvimento de produtos, mostrando justamente que todos devem estar relacionados com o *ecodesign*.



Figura 13 - Processos relacionados com o desenvolvimento de produtos

Fonte: Adaptado de Rozenfeld *et al* (2006, p.12)

Os processos que, na Figura 13, estão acima do PDP indicam atividades ligadas a informações, práticas da empresa relacionadas ao mercado, e estratégias de vendas e marketing. Esses processos devem ser pensados de forma sustentável e como o mercado tende a demandar cada vez mais produtos sustentáveis, isso pode se tornar uma vantagem competitiva, visto que as empresas que forem consideradas ambientalmente

corretas tenderão a atrair mais clientes e ter maior facilidade de venda de seus produtos. Talvez o item mais importante seja o Planejamento Estratégico, pois é essencial que *ecodesign* esteja enraizado na estratégia da empresa, caso contrário teremos apenas aplicações pontuais que podem não trazer o resultado esperado. A seguir algumas sugestões para cada um desses processos:

- Planejamento Estratégico – É essencial que a empresa inclua os requisitos ambientais em seu planejamento estratégico. É deste ponto que parte tudo que a empresa pretende realizar em médio e em longo prazo. A inclusão das ferramentas e princípios do *ecodesign* no planejamento estratégico da empresa será uma possibilidade incrível de mudança. Ao trabalhar a missão e a visão da empresa, colocar que a empresa será ambientalmente correta, que desenvolverá seus produtos e processos de forma ecoeficiente e que buscará a desmaterialização, será um enorme passo para a sustentabilidade.
- Monitorar o mercado – Vale lembrar que de nada adianta ser ambientalmente correta se o mercado não consome seus produtos ou serviços. Entretanto monitorar o mercado pensando em *ecodesign* não é simplesmente fazer o que os consumidores querem a qualquer custo. É analisar o quanto os consumidores estão dispostos a se engajarem com produtos verdes, ou mesmo criar demandas para produtos ambientalmente corretos. Outra possibilidade é procurar nichos de mercado que se formam atualmente de pessoas que são a favor do consumo consciente. O monitoramento do mercado deixa de ser uma atividade trivial e passa a ser uma atividade mais complexa, cheia de nuances que devem ser bem trabalhadas para evitar perdas às empresas.
- Vender – A venda é uma atividade que deve ser repensada. O marketing para vendas deve ser um marketing diferenciado, mostrando as qualidades ambientais do produto e o bem que o consumidor pode fazer para o meio ambiente ao comprar da empresa em questão. A possibilidade de desmaterialização aqui é grande e devem ser mostradas as vantagens, por exemplo, de um serviço sobre um produto, quando for o caso. Os próprios vendedores devem servir como exemplo e devem ser engajados com as questões ambientais. Os pontos de venda devem apresentar com clareza o funcionamento da logística reversa e devem convidar os consumidores a utilizá-la no final de vida dos produtos, com a possibilidade de incentivos para tal.

- Atender aos clientes – O atendimento aos clientes deve garantir um bom canal de comunicação, demonstrando a importância que a empresa dá ao meio ambiente, o diferencial dos seus produtos e o atendimento em relação às concorrentes. Todas as informações relativas ao *ecodesign* que se transformaram em características do produto ou serviço devem ser identificadas e explicadas ao cliente, bem como os impactos que o produto gera e as vantagens que podem ser obtidas através da logística reversa. Os indicadores, quando disponíveis, gerados pela aplicação da ACV devem ser apresentados e se possível comparados com a concorrência. O atendimento ao cliente é a oportunidade ideal de mostrar que a empresa é engajada com o meio ambiente e o consumo de seus produtos será mais benéfico do que o consumo dos produtos concorrentes.

Já os processos que, na Figura 13, estão abaixo do PDP referem-se a processos internos, mais técnicos e que possibilitam a implantação do novo produto. Nestes processos, a utilização do *ecodesign* tem a finalidade de facilitar o reuso, manutenção e reciclagem do produto, além de reduzir custos de produção, de uso de matérias-primas e distribuição. Vale lembrar que o *ecodesign* e a inovação andam lado a lado e, portanto, a empresa que decidir seguir esse caminho deverá investir em Pesquisa e Desenvolvimento. A seguir algumas sugestões para cada um desses processos internos:

- Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) – A Pesquisa e Desenvolvimento está para o *ecodesign* assim como o *ecodesign* está para a P&D, pois esta é essencial para o *ecodesign*, afinal é através desse tipo de pesquisa que se chegará a inovações, que desenvolver-se-ão novos produtos ou novos processos. Um fato interessante que cabe ser ressaltado seria a aplicação da ACV nesta fase, o que viria a possibilitar a avaliação do desempenho ambiental do produto.
- Distribuição – A distribuição é mais um aspecto em que é possível aplicar a ACV. O software supracitado é capaz de avaliar toda a logística de distribuição e o quanto ela afeta o meio ambiente. A forma de acondicionamento e os materiais utilizados para esse processo podem ser todos desenvolvidos através do *ecodesign*, o que acarretaria facilitando seu transporte e também reduzindo emissões e custos.
- Suprimentos – Além de a empresa ser engajada com o meio ambiente, seus fornecedores também devem ser. A escolha de fornecedores que utilizem o *ecodesign* em seus próprios produtos e processos é extremamente importante.

Mais uma vez a aplicação da ACV pode ajudar na escolha de fornecedores que sejam menos impactantes tanto para os negócios da empresa quanto para o ambiente. A cadeia de suprimentos é quase tão importante quanto seus próprios produtos e processos, pois por um lado pode-se estimular o consumo consciente e ambientalmente correto enquanto em outro se estimula justamente o contrário.

- Produção – É durante a produção que se deve aplicar o que já abordado. Ou seja, a minimização de consumo de recursos, a utilização de processos e recursos de baixo impacto, a otimização da vida útil do produto e seus materiais, a escolha de materiais não tóxicos e de fácil reciclagem ou reaproveitamento, a aplicação do *design* para a desmontagem e, claro, a aplicação da ACV para avaliação dos impactos gerados pelo produto e pela sua produção.
- Assistência Técnica – A assistência técnica deve garantir uma boa manutenção e conseqüentemente um prolongamento da vida útil do produto. O processo de logística reversa pode prover peças em funcionamento para reposição garantindo que o cliente não terá a necessidade de trocar o produto mesmo em caso de peças defeituosas. Este é um ponto um pouco mais delicado, visto que em alguns casos as empresas têm em sua estratégia a redução da vida útil dos produtos aliado a uma manutenção cara, com a finalidade de que não sejam feitos reparos e sim novas compras. Conforme pode ser observado, mais uma vez mostra-se importante o planejamento estratégico da empresa engajado ao *ecodesign*, pois com esta ação em conjunto seria mais fácil reverter esse tipo de conduta indutora do consumismo desenfreado.

A partir do momento em que o *ecodesign* estiver integrado ao planejamento estratégico e demais processos da empresa, a melhoria do rendimento ambiental, do atendimento às leis e regulamentações e a geração e retornos tangíveis ou intangíveis virá de forma natural.

3.1. CONCEITUAÇÃO DO PDP

“De modo geral, desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo.” (ROZENFELD *et al*, 2006)

Ainda segundo Rozenfeld *et al* (2006), “o desenvolvimento de produtos é considerado um processo de negócio cada vez mais crítico para a competitividade das empresas, principalmente com a crescente internacionalização dos mercados, aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do ciclo de vida de produtos no mercado.” O modelo de referência de processo de desenvolvimento de produtos, proposto por Rozenfeld *et al* (2006), é caracterizado por três macrofases chamadas: Pré-desenvolvimento; Desenvolvimento e Pós-desenvolvimento conforme apresentado na Figura 14.

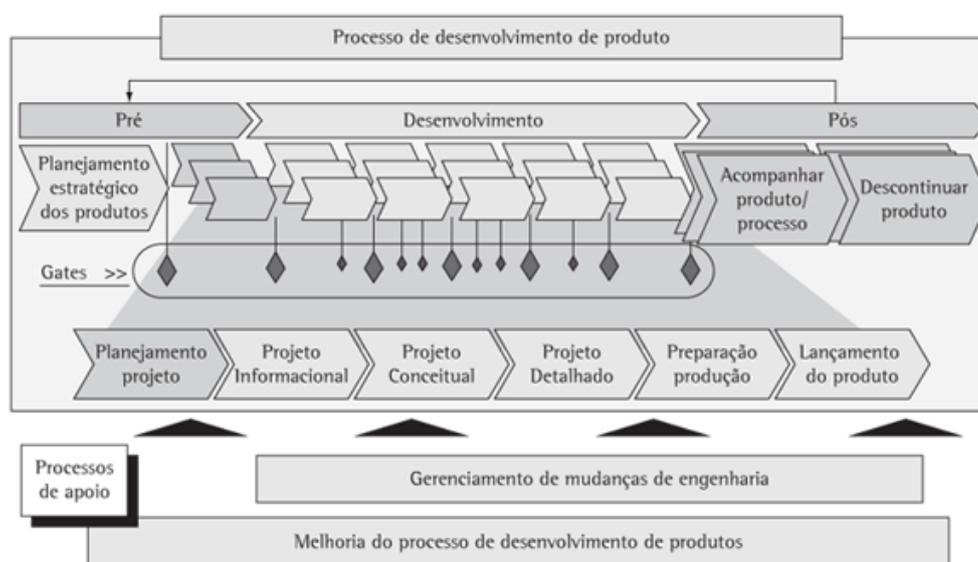


Figura 14 - Modelo de Referência proposto por Rozenfeld

Fonte: Romeiro Filho *et al.* (2010, p.25)

3.2. FASES DO PDP E SUAS RELAÇÕES COM O ECODESIGN

Em cada fase do PDP pode-se observar que há decisões que influenciam diretamente no desempenho ambiental do produto e, portanto são importantes para um bom desenvolvimento do *ecodesign*. A seguir apresentam-se cada fase do modelo de referência, indicando quais possuem decisões que se relacionam e são importantes para o desenvolvimento de produtos sustentáveis.

3.2.1. MACROFASE DE PRÉ-DESENVOLVIMENTO

A fase de pré-desenvolvimento está diretamente relacionada com a estratégia da empresa e conseqüentemente com a aplicação do *ecodesign*. Inicialmente, é essencial que a empresa esteja engajada com a necessidade de desenvolvimento de produtos e processos ambientalmente corretos, pois as decisões neste momento podem afetar ou dificultar as decisões futuras e a vontade da alta gerência deve impulsionar a

organização como um todo. Cabe também que sejam feitas as seguintes perguntas: podemos deixar de fazer um produto e prestar um serviço? Isso pode ser feito de forma parcial ou integral? Essas são decisões estratégicas que devem ser tomadas prioritariamente durante a macrofase de pré-desenvolvimento. E de acordo com Rozenfeld (2006), “o pré-desenvolvimento deve garantir que o direcionamento estratégico definido a priori pela empresa no Planejamento Estratégico da Corporação, as ideias de todos os fatores internos e externos envolvidos com produtos, e as oportunidades e restrições sejam sistematicamente mapeados e transformados em um conjunto de projetos bem definidos, isto é, o portfólio dos projetos que deverão ser desenvolvidos”.

Já é possível observar que se o planejamento estratégico da empresa não levar em consideração que a utilização do *ecodesign* é uma forma de adquirir vantagem competitiva no mercado, dificilmente serão desenvolvidos produtos ecoeficientes. Como o portfólio de projetos advém do planejamento estratégico, somente teremos projetos que incluam o *ecodesign* no caso de ser uma vontade da direção e controladores (acionistas), e por essa razão é tão importante a conscientização das pessoas. A fase de pré-desenvolvimento traduzirá as intenções da empresa e, portanto é necessário que a alta direção esteja convencida que a aplicação de técnicas e princípios sustentáveis é fundamental e engajada para que isto se desdobre nos projetos a serem desenvolvidos. Segundo Rozenfeld *et al* (2006), é nesta macrofase que se faz a ponte entre os objetivos da empresa e os produtos a serem desenvolvidos, sendo que os dois objetivos principais são o de garantir a melhor decisão sobre o portfólio de produtos de acordo com a estratégia da empresa e garantir que haja uma definição clara de cada sobre o objetivo final de cada projeto. O pré-desenvolvimento está dividido em duas fases principais:

a) Planejamento estratégico de produtos

O planejamento estratégico é composto por diversas atividades que servem para definir o escopo do Plano estratégico de negócios, consolidar as informações referentes a tecnologias e mercado e analisar o portfólio de produto, propor modificações neste portfólio, além de verificar sua viabilidade. O Planejamento estratégico de produtos é a fase na qual é essencial que a empresa já tenha consciência ambiental e direcione suas escolhas de portfólio de produtos para os que sejam mais sustentáveis. O funil ou tubo de produtos apresentado na Figura 15, será mais estreito à medida que sejam considerados os requisitos ambientais do projeto, gerando menor quantidade de possibilidades e, portanto, um portfólio de produtos menor. Entretanto, é essencial que a

empresa leve isto em consideração na hora de definir seu planejamento estratégico, pois esta decisão pode colocá-la ou não na lista de empresas com produtos ecoeficientes.

A aplicação da ACV pode ser de grande ajuda na hora de eliminar alguns projetos ou produtos, pois ela pode servir como uma ferramenta de auxílio à decisão, indicando quais os produtos mais ou menos ecoeficientes. A questão é que ainda haverá poucas informações referentes aos produtos e, portanto a ACV vai ser uma ferramenta ainda muito frágil. Obviamente a estratégia de mercado escolhida pela empresa é que irá indicar o quanto o funil será estreitado, e ao passo que essa estratégia englobe a questão ambiental, a tendência é que se tenham funis mais estreitos, em que se realizarão uma menor quantidade de projetos. Com o passar do tempo, a empresa começará a se adaptar e passará a ter mais projetos que se adéquem ao funil, mas isso dependerá de tempo e inovação.

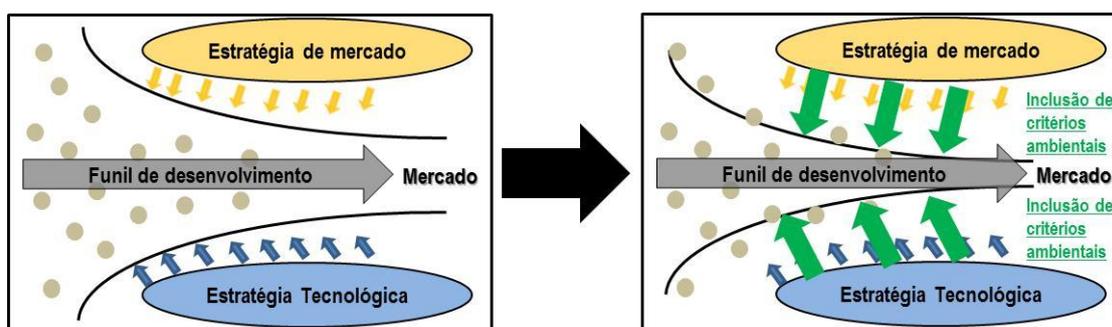


Figura 15 - Inclusão de requisitos ambientais no funil de produtos

Fonte: Adaptado de ROZENFELD *et al* (2006, p.57)

Ao final de cada fase, segundo Rozenfeld *et al* (2006), como por exemplo, a fase de “Planejamento estratégico de produtos”, existem os chamados “*gates*”, que nada mais são do que uma revisão e aprovação formal para a passagem de uma fase à outra. Nestes *gates* há entregas necessárias, que servem para avaliar se o que foi planejado foi realizado e também para registrar os aprendizados adquiridos. No caso da fase de planejamento estratégico dos produtos, as entregas são: Minuta do projeto; Plano estratégico do produto e Planilha de portfólio de produtos.

b) Planejamento do projeto

O planejamento do projeto é a fase na qual ficam definidos os interessados pelo projeto, o escopo do produto e do projeto, o cronograma, a viabilidade econômica, o plano de comunicação, os riscos, o orçamento, dentre outros. Segundo Rozenfeld *et al* (2006), as atividades do Planejamento do Projeto devem empreender esforços com a

finalidade de identificar todas as atividades, recursos e a melhor maneira de integrá-los para assim minimizar a quantidade de erros no andamento do projeto. Esta etapa do modelo de referência serve como base para a entrada no desenvolvimento do produto.

Esse é um ponto em que já pode haver algumas simulações, principalmente com a ferramenta ACV. Pressupõe-se que os dados ainda não estarão completos e os resultados podem não ser confiáveis, mas eles permitem uma ideia mais geral dos possíveis impactos para o produto e podem ajudar no estudo de viabilidade econômica do projeto. Fora isso, na etapa de definição de indicadores, podem ser estabelecidos alguns indicadores ambientais para futuras avaliações. Vale lembrar que à medida que o projeto caminha, mais difícil e custoso é a realização de modificações; logo o ideal é que mudanças sejam realizadas e avaliadas nas etapas iniciais do projeto, como é o caso da fase de planejamento. Portanto, concluiu-se que as principais mudanças devem ser feitas durante esta etapa e que para executá-las devem ser utilizadas todos os dados e ferramentas disponíveis, assim assegurando a tomada das melhores decisões possíveis.

Ao final dessa fase, segundo Rozenfeld *et al* (2006), mais uma vez há entregas a serem feitas. Deve ser apresentado o plano do projeto como um todo, o que inclui: Escopo do produto; Escopo do projeto; Indicadores; Critérios *gates*; Plano de comunicação; Cronograma de recursos; Plano de riscos; Análise financeira e Plano de aquisições.

3.2.2. MACROFASE DE DESENVOLVIMENTO

A macrofase de desenvolvimento é a mais longa entre as três e vem logo após a definição do portfólio de produtos e o planejamento dos projetos. É no início desta macrofase que ainda é possível realizar modificações nos produtos sem acarretar em grandes custos. Porém, à medida que se avança dentro do desenvolvimento, o custo de modificações cresce exponencialmente. A aplicação da engenharia simultânea nesta fase vem sendo cada vez mais utilizada, visando o aumento da qualidade do produto, tendo em vista os requisitos dos clientes, a diminuição do ciclo de desenvolvimento e a diminuição de custos. Dentro da engenharia simultânea se faz o uso de métodos e sistemas integrados de engenharia, como QFD (*Quality Function Deployment*), FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*), DFX (*Design for x*), entre outros.

Aqui é possível a entrada de uma das técnicas importantes de *ecodesign*, que é o *design* para a desmontagem (*Design for Disassembly* ou *Design for assembly*) que será muito importante para o final de vida dos produtos e sua destinação, principalmente

quando se fala de produtos eletroeletrônicos. A macrofase de desenvolvimento é composta por cinco fases:

a) Projeto Informacional

Projeto informacional é a fase na qual o plano do projeto informacional é atualizado, o escopo do produto é revisto, o ciclo de vida do produto é detalhado e os clientes são definidos. Fora isso, são definidos os requisitos dos clientes do produto e as especificações a serem atendidas. Em paralelo a viabilidade econômico-financeira do produto é monitorada. Rozenfeld *et al* (2006) coloca que “o objetivo desta fase é, a partir de informações levantadas no planejamento e em outras fontes, desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, chamado de especificações-meta do produto. Essas especificações, além de orientar a geração de soluções, fornecem a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e de tomada de decisão utilizados nas etapas posteriores do processo de desenvolvimento.”

Nesta etapa, é importante saber quais são os requisitos dos clientes e realizar o mapeamento do ciclo de vida do produto, definindo para cada fase quem são os clientes. A identificação do nicho mercadológico e a avaliação da aceitação de produtos ambientalmente corretos devem ser analisadas durante esta etapa, bem como devem ser levantadas todas as informações ambientais do produto que serão repassadas a posteriori para os clientes. Neste ponto, em que o ciclo de vida é mapeado, é importante que além dos requisitos dos clientes envolvidos, sejam avaliados os principais problemas e requisitos ambientais. O importante de envolver o meio ambiente nesta fase é a possibilidade de realizar mudanças ainda sem grandes custos, visando atender as necessidades dos clientes e as necessidades da natureza.

O ciclo de vida do ponto vista mercadológico, envolvendo as fases de desenvolvimento, lançamento, crescimento, maturidade e declínio já permitem a empresa avaliar os possíveis impactos do seu produto, tomando as atitudes cabíveis para evitar esse tipo de situação. Assim como as outras fases, em seu final há entregas a serem feitas, que no caso são: Os requisitos dos clientes; o ciclo de vida do produto; os requisitos dos produtos e informações adicionais qualitativas.

b) Projeto conceitual

Projeto conceitual é a fase na qual os conceitos do produto são esboçados e desenvolvidos. É neste momento que o produto é modelado funcionalmente e sua arquitetura, ergonomia e estética são desenvolvidos. Os fornecedores são definidos e parcerias são consolidadas. Segundo Rozenfeld *et al* (2006), diferentemente da fase de

Projeto Informacional, que trata da aquisição e transformação de informações, na fase do Projeto Conceitual, as atividades da equipe de projeto relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. A busca de soluções pode ser feita de diversas formas, como soluções já existentes em bancos de patentes, através de benchmarking, livros, entre outros. A criação de soluções é livre e provavelmente é uma boa oportunidade para o surgimento de produtos ambientalmente corretos, visto que na criação há uma grande possibilidade de inovação. As representações podem ser geradas através de programas de computador, croquis, ou outras formas para facilitar a visualização do produto. E por fim a seleção é a escolha do produto que atende aos requisitos previamente estabelecidos.

A modelagem das funções e estruturas também é uma boa oportunidade para a aplicação do *ecodesign*. Afinal, o uso da abstração como forma de gerar restrições fictícias, como por exemplo, de um tipo de material, pode vir a trazer boas soluções ambientais e inovações ao produto. É nesta etapa que o projeto começa a tomar forma e sair do abstrato para o concreto. Existem diversas ferramentas que auxiliam na criação de princípios de soluções. Esses princípios de soluções por sua vez são criados de acordo com as funções que eles devem exercer e no final têm-se alternativas de solução para cada função elementar do produto.

A arquitetura do produto também é abordada nesta fase e é ela que define como os componentes físicos se relacionam e como o produto pode ser modificado. A desmaterialização parcial ou total também deve ser considerada, para que os produtos sejam menores ou usem menor quantidade de materiais. Aqui mais uma vez é possível ter a entrada do *ecodesign*, pensando em produtos que possam ser modificados facilmente através de atualizações, que possam ser flexíveis ou reutilizados, assim aumentando a vida útil deles. Quanto mais fácil for para a realização dessas modificações, melhor será para o meio ambiente. É nesta etapa também que começamos a falar do DfX. Segundo Rozenfeld *et al* (2006), os mais comumente encontrados na literatura e que estão relacionados com o meio ambiente são:

- Projeto para a manufatura (DFM – *Design for manufacturability*)
- Projeto para montagem (DFA – *Design for assembly*)
- Projeto para a manufatura e montagem (DFM – *Design for manufacturing and assembly*)
- Projeto para a reciclagem (DFR – *Design for recycling*)

- Projeto para o meio ambiente (DFE – *Design for environment*)
- Projeto para controle dimensional (DDC – *Design for dimensional control*)
- Projeto para serviço (DFS – *Design for service*)
- Projeto para a desmontagem (DFD – *Design for disassembly*)
- Projeto para manutenção (DFMt – *Design for Maintainability*)

Mais para o final desta etapa, as concepções geradas serão avaliadas e as melhores serão escolhidas, e são elas que darão a forma final ao produto. Não é um trabalho fácil de ser feito, pois ainda há informações técnicas limitadas e abstratas, mas é possível aplicar critérios e avaliar as concepções. Em seguida, já é possível definir o plano macro do processo e quais serão os processos envolvidos na produção, como fundição, conformação e moldagem, usinagem, união e acabamento. Neste ponto já é possível pensar em processos que causem um menor impacto ambiental além do uso da aplicação da ACV para auxiliar na decisão.

No final desta fase, assim como nas anteriores, há a entrega de documentos com as seguintes informações: a estrutura funcional do produto, os desenhos, as alternativas de solução, a arquitetura do produto, a concepção do produto e plano macro do processo.

c) Projeto Detalhado

Projeto detalhado, segundo Rozenfeld *et al* (2006), é a fase na qual os materiais são definidos, os fornecedores desenvolvidos e os processos de fabricação, montagem e fim de vida são planejados. Além disso, é uma etapa na qual alguns testes já podem ser realizados e a documentação do produto já pode ser organizada. A viabilidade econômica ainda é monitorada.

Esta fase tem como objetivo desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, que serão encaminhadas para a manufatura e para as outras fases de desenvolvimento. A etapa de definição de materiais quando tratamos de *ecodesign* é uma das mais importantes, visto que impacta diretamente no ciclo de vida do produto e na sua pegada de carbono e ecológica. Considerando-se o ciclo de vida do produto como um todo, o uso de materiais renováveis, reciclados e recicláveis são considerações importantes a serem feitas, bem como o uso de processos de baixo impacto e baixo uso de recursos. A definição do tipo de embalagem do produto também pode ser pensada de forma ecológica, reduzindo seu tamanho, utilizando materiais que não trazem grande impacto e facilitando a proteção e o transporte. Já os processos produtivos devem

consumir a menor quantidade de energia e água possível, isto é, utilizar o mínimo de insumos e não gerar resíduos. O projeto detalhado já tem dados mais confiáveis para a aplicação da ACV, momento no qual será obtido um resultado mais fiel ao real e uma excelente ajuda à tomada de decisão.

Ao final desta etapa, segundo Rozenfeld *et al* (2006), é avaliado se todos os recursos já foram projetados e se as previsões de data de realização de atividades estão coerentes com o prazo de lançamento do produto. Além disso, é verificado se todos os fornecedores estão definidos e se os cronogramas de recebimentos estão de acordo com as datas estipuladas no projeto. Ainda ao final desta etapa, o estudo de viabilidade econômica é atualizado, as lições aprendidas são registradas e os indicadores de desempenho do processo são validados.

d) Preparação da produção

Preparação da produção do produto é a fase na qual se obtêm os recursos de fabricação, bem como sua instalação. É durante a preparação da produção do produto que a produção piloto é planejada e realizada, os processos são homologados, otimizados e certificados e o pessoal é treinado.

Segundo Rozenfeld *et al* (2006), “a fase de preparação da produção engloba a produção do lote piloto, a definição dos processos de produção e manutenção. Ou seja, trata de todas as atividades da cadeia de suprimentos do ponto de vista interno, objetivando a obtenção do produto.” O principal objetivo desta fase é que se produza um produto de acordo com as especificações técnicas, com qualidade, que atenda aos requisitos dos clientes e na quantidade especificada.

Nesta fase do projeto, já é possível uma aplicação da ACV com dados mais corretos e com resultados mais palpáveis para serem comparados com o que fora previamente estimado. Como as características do produto já estão definidas, quando falamos de *ecodesign*, o principal nesta fase será o controle e avaliação do desempenho ambiental dos processos e do produto. A otimização da produção e o treinamento do pessoal também deve ser voltado ao meio ambiente, assim como a homologação do processo e certificação do produto. Atender aos requisitos ambientais legais e às novas leis, como a PNRS, também é uma preocupação que deve ser levada em consideração.

Ao final desta etapa do desenvolvimento de produtos, com a finalidade de aprovar a fase, verifica-se se todos os recursos de fabricação estão disponíveis e com critérios de qualidade dentro do especificado, se os processos foram homologados e o

produto certificado. Avalia-se também se a manutenção, logística, produtividade e procedimentos estão de acordo com o preconizado.

e) Lançamento do produto

O Lançamento do produto é a fase na qual o lançamento é planejado, os processos de vendas, distribuição, atendimento ao cliente e assistência técnica são desenvolvidos e o marketing de lançamento é promovido. É nesta fase que o produto é lançado e o plano de fim de vida é atualizado.

Rozenfeld *et al* (2006) coloca que o objetivo dessa fase é “colocar o produto no mercado, juntamente com o resultado da fase anterior, de preparação da produção, visando garantir a sua aceitação pelos clientes em potencial, que se constituíam em premissas do estudo de viabilidade econômico-financeira deste produto, desenvolvido e monitorado durante todo o processo de desenvolvimento de produtos”.

Devido a crescente conscientização das pessoas, o uso do *ecodesign* e a posterior utilização deste como marketing passa a se tornar uma importante estratégia de mercado para atrair clientes. A criação de um processo de vendas pode ser todo desenhado de forma a melhorar a ecoeficiência do produto. Isso pode ser feito com canais de venda pela internet, uma distribuição otimizada e inteligente e uma assistência técnica que permita o aumento da vida útil dos produtos e que seja parte integrante do processo de logística reversa.

Ao final desta fase, segundo Rozenfeld *et al* (2006), temos os processos de vendas, distribuição, atendimento ao cliente e assistência técnica aprovados. O lançamento do produto foi realizado de acordo com o estabelecido e a produção foi liberada para comercialização.

3.2.3. MACROFASE DE PÓS-DESENVOLVIMENTO

A última macrofase do PDP é chamada de pós-desenvolvimento e “compreende a retirada sistemática do produto do mercado e, finalmente, uma avaliação de todo o ciclo de vida do produto, para que as experiências contrapostas ao que foi planejado anteriormente sirvam de referência para desenvolvimentos futuros (ROZENFELD *et al*, 2006). É nesta macrofase que se registra o conhecimento acumulado da empresa para novos desenvolvimentos através de documentações e sistematizações que viabilizem o uso desse aprendizado em projetos futuros.

A retirada do produto do mercado tem muito a ver com meio ambiente também. Para que ela ocorra de forma fácil e que seja de baixo custo, ela deve ter sido pensada

nas etapas anteriores do projeto. Atualmente com a Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira exigindo um canal de logística reversa das empresas, essa fase servirá para avaliar se isso foi bem desenvolvido e se o descarte está sendo feito de forma adequada. “A retirada pode envolver o reuso do produto (ou parte dele) em um outro, a desmontagem do produto e a utilização de suas partes ou material, a reciclagem do material empregado no produto ou o descarte completo.” (ROZENFELD *et al*, 2006).

Obviamente, o descarte completo é a última das opções quando falamos de materiais não biodegradáveis. O caminho a seguir será sempre o de reutilizar, reformar, desmontar e reciclar, na tentativa de reduzirmos a deposição em aterros ou no próprio meio ambiente. Os canais de logística reversa que envolvem as assistências técnicas facilitam o reuso e o reaproveitamento. Já as partes de materiais e reciclagem devem ter sido pensadas anteriormente, escolhendo materiais recicláveis, evitando misturas e facilitando a desmontagem.

Esta macrofase é composta basicamente de duas fases principais:

a) Acompanhar o produto e o processo

Acompanhar produto e processo é a fase na qual se avalia a satisfação dos clientes. É durante essa etapa que se monitora o desempenho do produto (técnico, econômico, de produção e de serviços e ambiental) e se realiza a auditoria pós-projeto.

O principal objetivo durante esta fase, segundo Rozenfeld *et al* (2006), é acompanhar o desempenho do produto na produção e no mercado, pois, assim, torna-se possível a identificação de oportunidades de melhorias que venham a garantir que a retirada do produto do mercado seja feita da forma menos impactante possível. Portanto, é essencial que o canal de logística reversa esteja funcionando de forma correta, atendendo bem aos clientes e possibilitando um aumento de vida útil do produto através do reaproveitamento de peças e materiais e, quando necessário, um descarte correto e de baixo custo. As atividades inerentes a essa fase são basicamente de tratamento de informações, de como avaliar a satisfação dos clientes e de monitorar o desempenho geral do produto. Lembrando que o canal de logística reversa deixa de ser uma opção e passa a ser uma obrigação a partir da PNRS aprovada em 2010.

Ao final, de acordo com Rozenfeld *et al* (2006), novamente são registradas as lições aprendidas e é realizada uma auditoria pós-projeto, que consiste em adquirir, filtrar, interpretar e analisar informações a respeito de eventos críticos, disseminar e compartilhar resultados de análise, corrigir erros, realizar mudanças sistemáticas de desenvolvimento e capturar, armazenar e disseminar o conhecimento gerado.

b) Descontinuar o produto do mercado

A fase de descontinuar o produto do mercado é aquela na qual se analisa, aprova e planeja a descontinuidade do produto e se estabelece o canal de logística reversa para recebimento do produto. Além disso, é descontinuada também a produção e se encerra o suporte ao produto e em seguida o encerramento geral do projeto.

Esta fase não se inicia após o encerramento do acompanhamento do produto e do processo e, sim, podem acontecer em paralelo durante alguns momentos. Na realidade, a empresa já deve estar preparada para descontinuar o produto assim que faz o seu lançamento. Quando o volume de vendas começa a declinar e o produto passa a não apresentar vantagens do ponto de vista econômico ou estratégico, a produção é descontinuada. Em seguida, após algum tempo, o que define o fechamento dessa fase e consequentemente do projeto é a finalização do suporte ao cliente, acabando assim com a assistência técnica, com o atendimento ao cliente e com a fabricação de peças de reposição.

Deve-se mencionar que em luz do *ecodesign*, e considerando a necessidade da empresa de descartar seus produtos de forma correta, a assistência técnica pode ser responsável pela logística reversa e pode desta forma atender clientes com produtos que não apresentam mais peças de reposição, de forma a aproveitar peças, materiais ou enviá-los de volta à fábrica para desmontagem e destinação (reciclagem, incineração, etc.).

A fase de descartar o produto do mercado é fechada com o encerramento do projeto, deixando como legado para a empresa tudo que foi aprendido no decorrer do processo de desenvolvimento de produtos.

3.3. PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DE ECODESIGN NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Foi possível observar nos tópicos anteriores que optar por produtos ambientalmente amigáveis é basicamente uma decisão estratégica de uma empresa e, portanto é algo que deve estar enraizado na cultura da organização. A aplicação de *ecodesign* deve se tornar uma estratégia, ao ponto em que a empresa utilizará a técnica para o desenvolvimento de qualquer um de seus produtos. A opção de seguir um portfolio de produtos que gerem poucos impactos ambientais é tomada na macrofase de pré-desenvolvimento do modelo de referência de Rozenfeld *et al* (2006), mais

especificamente no planejamento estratégico dos produtos. Outro aspecto importante do *ecodesign* é a escolha dos materiais empregados na produção. A opção por materiais renováveis, reciclados ou biodegradáveis são decisões que surgirão mais a frente durante a macrofase de desenvolvimento do projeto. Assim como a escolha dos materiais, os processos são fundamentais, já que um produto cujo processo de produção gera uma quantidade grande de resíduos e poluição dificilmente será bem avaliado à luz do ecologicamente correto durante uma avaliação do seu ciclo de vida. A escolha dos materiais e processos dentro do modelo de referência proposto por Rozenfeld *et al* (2006) acontece nas fases de projeto informacional, conceitual e detalhado. Inclusive, no momento de definir fornecedores, deve-se avaliar o quanto esses fornecedores se empenham na luta em prol do meio ambiente. De nada adianta uma empresa que cuida do meio ambiente, mas contrata outras que não possuem o mesmo interesse.

O aumento de vida útil do produto e seus componentes também é algo que deve ser pensado com cuidado, principalmente com certos tipos de produto, pois nem sempre o aumento da vida útil será benéfico para o meio ambiente. A fase de pós-desenvolvimento é essencial para acompanhar se a vida útil do produto condiz com sua necessidade de uso e se este tempo estimado durante o projeto foi correto ou não.

O design para a reciclagem e para a desmontagem deve ser aplicado no projeto do produto, mais especificamente nas fases de pré-desenvolvimento e desenvolvimento. Na fase de pós-desenvolvimento as empresas terão que dar o descarte correto para os seus materiais, principalmente as que lidam com eletroeletrônicos e devem atender aos requisitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. O acompanhamento do fim de vida dos produtos e o desenvolvimento de um canal de logística reversa tornam-se essenciais para essas empresas e o design para a desmontagem e para a reciclagem surge como um grande auxílio para tal.

A aplicabilidade da ACV depende da fase de projeto do produto e pode servir como um excelente *feedback* dos resultados ambientais alcançados pelo produto e pela empresa. Como a aplicação não é trivial, cabe saber o momento certo e em que níveis aplicar a ferramenta conforme demonstrado na Figura 16.



Figura 16 - Aplicabilidade do LCA (em português, ACV) no desenvolvimento de produtos

Fonte: Elaborada pelo autor

A ACV pode ser utilizada em praticamente todas as fases do Projeto de Produtos, com resultados variados para cada fase. Inicialmente, pode ser utilizada como forma de comparar soluções e produtos que entrarão no portfólio da empresa (pré-desenvolvimento). Esta aplicação inicial já permite algum nível de decisão no que diz respeito aos produtos ou processos que continuarão no planejamento da empresa. Posteriormente, na fase de desenvolvimento, é possível identificar fatores críticos de impacto, gerando estimativas preliminares e, possivelmente, objetivos a serem atingidos. O mais relevante dos resultados apresentados nesse momento é a contribuição a tomadas de decisões, além da possibilidade de traçar novos objetivos e poder compará-los ao decorrer do processo tendo a finalidade de analisar o quão fiel foram as predições quando comparadas aos resultados reais. Ao passo que ao fim, durante a fase de pós-desenvolvimento, tendo a posse de todos os dados necessários, seja possível comparar os resultados reais aos objetivos traçados. Outro motivo importante para a aplicação da ferramenta nesse momento é a possibilidade de gerar e aplicar novas ações para a redução do impacto ambiental gerado pelos produtos e processos.

A aplicação de princípios e ferramentas do *ecodesign* no processo de desenvolvimento de produtos pode acontecer em diversos momentos, e a intenção não é que seja benéfico somente para o meio ambiente e para os clientes, mas que traga vantagens competitivas para a empresa e retornos tangíveis ou intangíveis, tanto pela melhoria contínua dos processos de desenvolvimento e produção quanto pela melhoria de imagem da empresa junto às autoridades governamentais e à sociedade civil. A

Tabela 5 mostra uma possibilidade de aplicação desses princípios e ferramentas por fase do PDP, com a finalidade de melhorar o aspecto ecológico no desenvolvimento de produtos.

Tabela 5 - Proposta de aplicação de princípios e ferramentas do *ecodesign* por fase do PDP

Fonte: Elaborada pelo autor

Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)									
Macrofase	Pré-desenvolvimento		Desenvolvimento				Pós-desenvolvimento		
Fase	Planejamento Estratégico de Produtos	Planejamento do Projeto	Projeto informacional	Projeto conceitual	Projeto detalhado	Preparação da produção	Lançamento do produto	Acompanhar o produto e o processo	Descontinuar o produto
Princípios ou ferramentas do <i>ecodesign</i> aplicados	Ecodesign deve fazer parte da estratégia	ACV preliminar	Gráfico de impacto por etapa do ciclo de vida	Benchmarking ambiental	Seleção de materiais com baixo impacto	Checklists	Processos de venda projetados com princípios do <i>ecodesign</i>	ACV para melhoria contínua	ACV completo
	Checklists	Indicadores ambientais	-	DFx	Pegada de carbono preliminar	ACV para comparação com o previsto	Marketing ecológico	Gráfico de impacto por etapa do ciclo de vida	Pegada de carbono
	Desmaterialização	-	-	-	LCA para facilitar escolhas	-	-	Desmaterialização no atendimento ao cliente	Pegada Ecológica
	-	-	-	-	Processos de baixo impacto	-	-	-	-
	-	-	-	-	Escolha de fornecedores responsáveis	-	-	-	-

É possível notar que a maioria dos princípios e ferramentas deve ser aplicada na fase de pré-desenvolvimento e principalmente na fase de desenvolvimento. Isto acontece porque é exatamente neste momento que o produto está se concretizando, e é durante esse estágio que as decisões que vão afetar ou não o meio ambiente devem ser tomadas.

Na fase de pré-desenvolvimento já é possível ter uma ideia do caminho a seguir, pois ela está muito ligada ao planejamento estratégico da empresa. Apesar de ser uma fase muito preliminar e não permitir uma grande quantidade de decisões, principalmente pela falta de dados concretos, é aqui que é tomado o rumo da empresa. Portanto, a partir daqui o *ecodesign* já deve ser incluído nas discussões e na cultura organizacional.

A fase de desenvolvimento é a fase em que ocorrerá a maior parte da aplicação das técnicas e princípios do *ecodesign*, já que é o momento em que teremos a concretização do produto, seus materiais, sua arquitetura e sua forma de produção. Essa é a principal fase no que diz respeito a como será o desempenho ambiental do produto a ser lançado no mercado e por essa razão será o momento de aplicação da maior quantidade de esforços para garantir a ecoeficiência dos processos e produtos ou serviços.

Já a fase de pós-desenvolvimento pode ser usada como forma de aprendizado para o futuro desenvolvimento de novos produtos e, conseqüentemente, como forma de melhoria contínua e avaliação do que foi conquistado. É nela que o canal de logística reversa deve estar funcionando de forma organizada e clara para o cliente. Há também a possibilidade de grande troca de informações com o mercado, além da possibilidade de aumento de vida útil dos produtos. Novamente, vale lembrar que a inovação é essencial para o *ecodesign*, e é através dela que surgem novas técnicas e produtos mais sustentáveis.

Considerando todo o contexto apresentado até agora, cabe a nós verificar o que já está sendo feito neste sentido e o que está dando certo e o que está dando errado, o que nos leve a buscar um caso prático que permita avaliar até que ponto o *ecodesign* pode ser vantajoso ou não.

4. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO

Segundo Yin (2010), o estudo de caso visa captar a complexidade de um caso único, quando há um interesse especial ou particular. Um caso único pode ser tanto uma criança, quanto uma escola ou uma sala de aula. A duração de um estudo de caso pode ser de 1 dia ou 1 ano, mas será um estudo de caso enquanto o pesquisador mantiver o foco nele. Essa forma de pesquisa se adequa melhor para pessoas e programas e não tanto para acontecimentos e processos. O verdadeiro objetivo do estudo de caso é a particularização e não a generalização, porém estas acontecem com frequência durante o estudo.

Existem basicamente dois tipos de estudo de caso: o intrínseco e o instrumental. O estudo de caso intrínseco é um caso dado com um interesse particular e serve para compreender algo específico. Já no estudo de caso instrumental busca-se um conhecimento mais profundo, com um interesse global e buscando compreender também de forma global. Vale ressaltar que o estudo de caso não é uma investigação por amostragem e o principal não é entender outros casos através de um único estudo.

Alguns critérios devem ser considerados quanto à realização de um estudo de caso, como a maximização do que podemos aprender, a facilidade de acesso ao campo e a limitação de tempo. Nem todos os casos terão bons resultados; deve ser avaliado logo no início se deve ou não levar o caso adiante. A focalização progressiva também é importante, pois deve-se estar focados e alertas para alterar os planos quando as questões iniciais não funcionarem mais.

O estudo de caso qualitativo tem ênfase na interpretação e é daí que surgem as chamadas asserções. Asserções são conclusões dos investigadores, que nada mais são do que formas de generalização. Essas asserções partem de entendimentos profundos do pesquisador, como experiências pessoais, trabalhos acadêmicos ou até mesmo asserções de outros investigadores. Assim como diversos outros métodos de pesquisa qualitativa, um bom estudo de caso depende de disciplina e planejamento.

Para um bom estudo de caso, devem existir boas perguntas para as questões problemáticas. Essas perguntas são estabelecidas inicialmente e evoluem com o desenvolvimento do estudo.

4.1. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada no estudo de caso em questão é a apresentada por Robert K. Yin em seu livro “Estudo de Caso – Planejamento e Métodos”. Esta metodologia é composta de 6 fases, conforme apresentado na Figura 17.

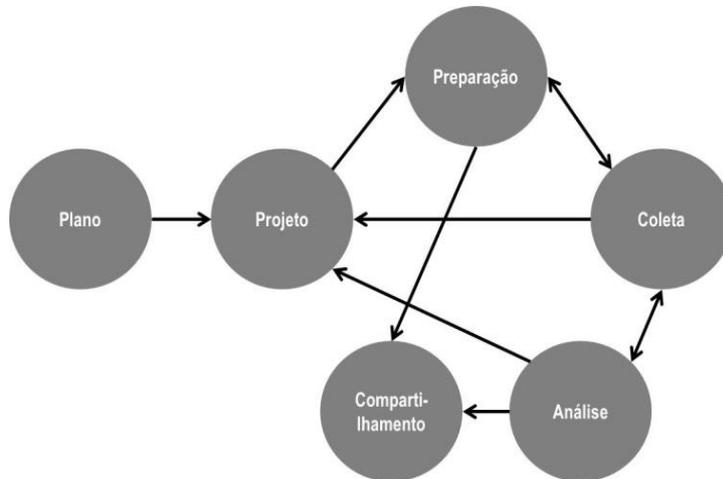


Figura 17 - Metodologia de estudo de caso

Fonte: Yin, Robert K. (2010, p. 21)

Segundo Yin (2010), as etapas se dividem da seguinte forma:

A primeira etapa, chamada Plano é aquela na qual se define a utilização do estudo de caso em detrimento de outros métodos de pesquisa e nos possibilita entender quais são as forças e fraquezas que serão encontradas neste método de pesquisa.

A segunda etapa, chamada de etapa de projeto, define que estudos de caso devem apresentar cinco componentes: as questões de estudo; as proposições se houver; a unidade de análise; a lógica que une os dados às proposições e os critérios para interpretar as constatações. Um bom pesquisador deve desenvolver uma estrutura teórica, independente da forma de estudo, pois são as orientações teóricas que se tornarão os veículos para generalização do estudo de caso. A qualidade do projeto de pesquisa também é determinante e existem ferramentas que podem ajudar o pesquisador a testar a confiabilidade de seus dados.

A terceira etapa consiste na Preparação do estudo de caso, que nada mais é do que o preparativo para a coleta de dados. Essas tarefas são simples ou complexas, dependendo de quantos investigadores estarão envolvidos e se o caso será único ou múltiplo. É essencial que o pesquisador tenha ou desenvolva algumas habilidades, que seja treinado quando necessário. Os casos precisam ser triados e um caso piloto deve ser

definido e realizado, podendo ser dentro do próprio caso a ser estudado, porém sendo um estudo mais simples, sendo assim um caso preliminar.

Com a preparação feita, entramos na etapa de coleta de dados. A coleta de dados deve ter múltiplas fontes de evidência. Essas fontes podem ser principalmente de seis formas, conforme Tabela 6, e cada uma dessas apresenta pontos fortes e fracos e o pesquisador deve avaliar quais serão mais cabíveis para o estudo.

Tabela 6 - Fontes de evidência, seus pontos fortes e fracos

Fonte: Yin, Robert K. (2010, p. 129)

Fonte de Evidência	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Documentação	Estável - pode ser revista repetidamente	Recuperabilidade - pode ser difícil de encontrar
	Discreta - não foi criada em consequência do estudo de caso	Seletividade parcial, se coleção for incompleta
	Exata - contém nomes, referências e detalhes exatos de um evento	Parcialidade do relatório - reflete parcialidade (desconhecida) do autor
	Ampla cobertura - longo período de tempo, muitos eventos e muitos ambientes	Acesso - pode ser negado deliberadamente
Registros em arquivo	[Idem a documentação]	[Idem a documentação]
	Precisos e geralmente quantitativos	Acessibilidade devido a razões de privacidade
Entrevistas	Direcionadas - focam diretamente os tópicos do estudo de caso	Parcialidade devido às questões mal articuladas
	Perceptíveis - fornecem inferências e explicações causais percebidas	Parcialidade da resposta
		Incorreções devido à falta de memória
		Reflexividade - o entrevistado dá ao entrevistador o que ele quer ouvir
Observações diretas	Realidade - cobre eventos em tempo real	Consome tempo
	Contextual - cobre o contexto do "caso"	Seletividade - ampla cobertura é difícil sem uma equipe de observadores
		Reflexividade - evento pode prosseguir diferentemente porque está sendo observado
		Custo - horas necessárias pelos observadores humanos
Observação do participante	[Idem aos acima para as observações diretas]	[Idem aos acima para as observações diretas]
	Discernível ao comportamento e aos motivos interpessoais	Parcialidade devido à manipulação dos eventos pelo observador participante
Artefatos físicos	Discernível às características culturais	Seletividade
	Discernível às operações técnicas	Disponibilidade

São três os princípios aplicados na coleta de dados: O uso de múltiplas fontes de evidência, a criação de uma base de dados do estudo de caso e manter o encadeamento de evidências. Estes princípios têm como intuito deixar o processo tão explícito quanto possível, para que assim os resultados finais sejam mais confiáveis.

A quinta parte se refere à análise dos dados após a coleta. Neste momento é importante utilizar técnicas de análise, como estratificação, cruzamento de dados, entre outras. A análise dos dados é algo que deve ser feito com cuidado, visto que não é uma etapa trivial e influencia diretamente nos resultados do estudo de caso. Se for possível

realizar um pequeno estudo de caso antes, com aplicação de técnicas de análise de dados, será válido como forma de treinamento.

A última parte do estudo de caso, chamada de compartilhamento, é a fase na qual se confecciona o relatório com os resultados encontrados. Aqui é importante saber quem é o público alvo deste relatório e desenvolvê-lo de forma cronológica e atrativa, de forma que traga as informações necessárias aos interessados no estudo. Esta parte finaliza o estudo de caso, podendo abrir precedentes para novos estudos ou não.

Tendo a ideia da metodologia global, foi decidido que o melhor método a ser usado é o de estudo de caso. A busca de uma empresa que trabalhe com a desmontagem de produtos eletrônicos é interessante, pois existem muitas questões voltadas à sustentabilidade; entender esse caso se torna um interesse particular para o estudo. A principal intenção é a de realização de um estudo de caso instrumental para que haja uma compreensão global do tema. A escolha da empresa para o estudo de caso foi feita de forma que houvesse facilidade de acesso ao campo e que fosse representativa em termos de sustentabilidade, o que pode proporcionar boas asserções.

As fontes de evidência utilizadas em combinação com o estudo de caso serão os questionários, as entrevistas e as observações. Essas são formas essenciais para entender melhor a indústria em questão, trazendo as informações e os conhecimentos dos funcionários e até mesmo de diversos *stakeholders* da empresa. O uso dessas ferramentas é interessante para obter informações de um grupo maior de pessoas e para captar dados que por algum motivo não foram absorvidos durante as observações. Foi decidido dar preferência para o questionário em detrimento das entrevistas, por exigir menos recursos e menor experiência para aplicação. Com a experiência anterior de aplicação de questionários em outras oportunidades, existe uma facilidade maior para a utilização deste método. O uso de pesquisa qualitativa também será mesclado com o uso de pesquisa quantitativa, porém, levando em conta as limitações que existem no uso simultâneo desses dois métodos.

4.2. DEFINIÇÕES E INFORMAÇÕES RELEVANTES

4.2.1. A XEROX

A Xerox é uma multinacional norte-americana, com um volume de negócios da ordem de US\$ 23 bilhões, e é hoje a maior empresa do mundo em processos de negócio e gestão de documentos. Na data da realização deste estudo de caso, ela possuía uma força de trabalho composta por 140 mil funcionários ao redor do mundo. A Xerox foi

fundada em 1906 como The Haloid Company. Em 1958, foi batizada como Xerox e mais adiante, em 1961, tornou-se Xerox Corporation. Já em 2010, adquiriu a Affiliated Computer Services. Sua sede está situada à Norwalk, CT, nos Estados Unidos. Atualmente, sua CEO é Ursula M. Burns.

No ranking de 2012 das empresas mais admiradas da revista Fortune, a Xerox aparece na terceira colocação entre as empresas de tecnologia. Por mais de meio século, a Xerox vem liderando os mercados de serviços e tecnologia para tratamento de documentos, oferecendo serviços globais que vão de pedidos de reembolso, registros eletrônicos de saúde e coleta automatizada de impostos a operação de centrais de relacionamento de clientes ou a gestão de benefícios de RH, dentre outras responsabilidades. A Xerox é dedicada à inovação, ao serviço e a oferecer aos clientes a liberdade necessária para que eles se concentrem naquilo que realmente interessa: o negócio. Na Figura 18 podemos ter uma ideia mais geral de alguns números da Xerox a título de curiosidade.



Figura 18 - Curiosidades sobre a Xerox Corporation

Fonte: Xerox do Brasil (2013)

No Brasil, a Xerox é considerada líder em gestão de documentos, equipamentos e serviços especializados e é referência no mercado. São mais de 47 anos no Brasil e cerca de 1200 empregados além de cerca de 3 mil revendas e oito distribuidores. Dentre os produtos da Xerox, destacam-se:

- Multifuncionais em cores ou preto e branco;
- Impressoras de rede coloridas, de cera sólida ou laser;
- Impressoras digitais coloridas ou preto e branco para grandes volumes;
- Impressoras de alimentação contínua e plotters para grandes formatos;

- Soluções para publicação de livros de tiragens curtas, documentos sob demanda, aplicações transacionais, campanhas personalizadas de cross-media;
- Copiadoras digitais e aparelhos de fax;
- Scanners e outros periféricos;
- Softwares que mudam a forma como a informação é armazenada e compartilhada;
- Softwares de workflow que simplificam a forma como as rotinas de impressão são criadas e gerenciadas.

Desde a década de 70, a empresa já realiza diversas ações voltadas ao meio ambiente e a sustentabilidade, mesmo antes das grandes discussões a respeito do assunto. A empresa é engajada com diversas causas, dentre elas a proteção ao clima, a preservação da biodiversidade e das florestas mundiais, a preservação dos níveis de limpeza do ar e da água e também a prevenção de desperdício e gestão de resíduos.

4.2.2. O FUNCIONAMENTO DA LOGÍSTICA REVERSA NA XEROX DO BRASIL

A necessidade da empresa de estabelecer um canal de logística reversa passou a ser de extrema importância quando se analisa a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Em sua filial em Itatiaia no Rio de Janeiro, a Xerox possui um setor de desmontagem e destinação funcionando há mais de 17 anos sem fins lucrativos. O terreno onde se localiza a empresa desde 1973 tem mais de 1,2 milhões de metros quadrados e mais de 60 mil metros quadrados de área construída e fica a cerca de 170 km da cidade do Rio de Janeiro e 260 km da cidade de São Paulo.

O setor, chamado de Centro de Destinação Responsável (CDR), fica em uma área de mais de 15 mil metros quadrados, sendo 5 mil de área construída e surgiu em meados da década de 80, por uma iniciativa brasileira, pela necessidade, na época, de tratar os resíduos que eram gerados. Era necessário destinar corretamente o cilindro fotoreceptor de copiadoras que é um cilindro de alumínio espelhado usado para captura de imagens. Esse cilindro apresentava produtos tóxicos como selênio e arsênico e era necessário dar a destinação correta para tais produtos. Desta forma, foi montado um processo para separar esses produtos do cilindro e o alumínio era colocado para a reciclagem. Posteriormente vieram novas demandas, pois como as máquinas não podiam ser descartadas por completo, passou-se a ter a necessidade de realizar a remanufatura reversa dessas máquinas. Apesar de ser um setor sem fins lucrativos, isso não quer dizer que não se trabalhe pelo lucro. O lucro é colocado pelos funcionários

como um sonho, porém muito difícil de ser alcançado. Pelo lado financeiro é considerado muito difícil devido ao baixo valor agregado dos resíduos. Os metais que trazem maior retorno, como ouro, prata e paládio representam muito pouco em relação ao peso total dos produtos desmontados, mas a principal preocupação da Xerox é a de atender a legislação (Política Nacional de Resíduos Sólidos), reaproveitar os produtos quando possível, e gerar um marketing ambiental que tem sido cada vez mais bem visto no mercado, o que acaba por trazer um retorno intangível para a empresa.

O CDR, atualmente funcionando através de uma empresa terceirizada, emprega 22 pessoas e recebe produtos de todo o Brasil para tratamento, entre toners, máquinas pequenas, médias, grandes e extragrandes.

Todas as devoluções feitas são amparadas por Notas Fiscais, tanto por pessoa física quanto por pessoa jurídica, para efeito de circulação de mercadoria. Não há qualquer tipo de taxa de recolhimento, porém são recolhidos somente produtos da marca Xerox mediante solicitação dos clientes. Os recolhimentos de cartuchos de toner são de no mínimo 100 unidades e a empresa oferece um incentivo para a reciclagem em que cada lote de 50 unidades devolvidas, o cliente ganha um cartucho de graça. Os pedidos de recolhimento podem ser solicitados via e-mail ou pelo próprio site da Xerox. Atualmente, a maioria dos retornos de cartuchos é através dos clientes finais e de empresas.

Recentemente, por conta da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, consumidores do tipo pessoa física também estão começando a fazer a devolução desse tipo de produto. Com respeito às máquinas, elas não são fornecidas por leasing e nem por vendas. A Xerox presta serviço para seus clientes e, portanto é dona de suas máquinas em mais de 90% dos casos. Durante a prestação de serviços, quando a máquina não é mais passível de uso, a empresa coloca uma máquina nova no lugar e remove a antiga ao CDR para o tratamento de fim de vida. As embalagens de novas máquinas são reaproveitadas para serem usadas nas antigas durante o processo de logística reversa. Quando possível, o acondicionamento é feito no próprio local onde está sendo prestado o serviço, garantindo uma maior vida útil ao produto. Já os consertos de peças são terceirizados e as assistências técnicas fazem parte do canal de logística reversa, ou seja, o que ainda pode funcionar é reaproveitado ou reutilizado antes de chegar ao CDR, garantindo a otimização do processo e gasto desnecessário com transporte. Mesmo com toda essa preocupação, ainda existem os casos em que peças podem ser reaproveitadas dentro do próprio Centro de Destinação Responsável.

Em alguns casos, que por certas razões as assistências não conseguem ou optam por não reaproveitar partes da máquina, o CDR consegue separar peças que são demandadas pela própria Xerox ou por fornecedores, que por sua vez fazem a recuperação destas e as reaproveitam. Geralmente essas peças são caras, de equipamentos de alta taxa de impressão. Em suma, a cadeia de logística reversa da Xerox é feita com o intuito de que chegue à Itatiaia somente o que realmente não tem mais uso, o que pode ser considerado uma boa prática quando se fala de sustentabilidade.

4.2.3. DEFINIÇÃO DE UM PRODUTO ELETROELETRÔNICO

O consumo de produtos eletroeletrônicos tem crescido a passos largos nos últimos anos, principalmente com as novas tecnologias que vem sendo desenvolvidas. Produtos que antigamente não eram normalmente encontrados em casas de família são tidos hoje em dia como indispensáveis para a sobrevivência; e cada nova tecnologia agregada a esses produtos acaba por defasar os anteriores, aumentando a necessidade de consumo, aumentando as vendas e conseqüentemente aumentando as necessidades de descarte.

Os produtos eletroeletrônicos são divididos basicamente em três grandes grupos: os de linha branca, cinza e marrom. “Há uma enorme quantidade de componentes complexos presentes na maioria dos produtos eletrônicos. Os componentes contêm uma larga variedade de materiais, incluindo metais preciosos como a prata, materiais valiosos como o cobre, e materiais perigosos como o chumbo e baterias.” Lambert e Gupta (2005).

a) Linha Branca

A linha branca é composta em sua maioria por produtos elétricos, e é subdividida em produtos de linha branca grandes, como geladeiras, fogões, freezers, lavadoras e produtos de linha branca pequenos, como ferros elétricos e aspiradores de pó. Atualmente esses são os produtos que são considerados básicos para as famílias, ou seja, sem eles as pessoas consideram que é praticamente inviável viver de forma digna. Essa é uma visão atual de uma cultura como a brasileira, o que não necessariamente deve ser considerado como uma verdade absoluta.

Em alguns lugares no mundo já podemos ver inovações sociais no caminho de desprender as pessoas da necessidade da aquisição desse tipo de bens, dando preferência a serviços ou uso comunitário.

b) Linha Marrom

A linha marrom é composta em sua maioria por produtos eletrônicos de entretenimento, como televisores e equipamentos de áudio e vídeo. Mais uma vez, no Brasil, ter seu próprio televisor ou ter um televisor para cada cômodo ou cada ocupante da residência é considerado uma característica de ascensão social. Na realidade, esse tipo de produto tem afastado as pessoas, prejudicando as relações interpessoais. É claro que com a evolução das tecnologias atuais, é importante o acesso a esse tipo de produto, no entanto sua utilização deve ser melhor avaliada pelas famílias.

c) Linha Cinza

A linha cinza inclui produtos de telecomunicação e informação, como monitores CRT, computadores pessoais, notebooks e aparelhos celulares. Esses são os aparelhos que juntamente com televisores, tiveram um *boom* no que diz respeito ao desenvolvimento e ao aumento de consumo nos últimos anos. Isso porque a evolução desses tipos de aparelhos foi muito grande no mundo inteiro e atualmente ainda vemos uma grande evolução a cada ano que passa. Por esse motivo, a linha cinza é de grande importância a este estudo, visto que a maior parte do lixo eletroeletrônico provém dela, por conta da vida útil reduzida principalmente por questões de tecnologias disruptivas.

Composição dos produtos

A composição dos produtos eletroeletrônicos passa por materiais perigosos, materiais complexos e materiais recicláveis. Quando falamos de produtos eletrônicos, entre os materiais complexos devemos levar em consideração as fontes, transformadores, motores elétricos, cabos, fios e conectores, baterias, interruptores, componentes eletrônicos, unidades óticas, entre outros. Já os materiais perigosos são basicamente os metais pesados encontrados nos elementos de resfriamento, na proteção da corrosão, nas soldas, nos pigmentos, entre outros. A Tabela 7 mostra como é a divisão de todos os elementos que compõem os produtos eletroeletrônicos.

Tabela 7 - Composição dos produtos eletroeletrônicos

Fonte: EMPA – E-wasteguide

Material	Linha branca grande (%)	Linha branca pequena (%)	Linhas cinza e marrom (%)
Ferro	43	29	36
Alumínio	14	9,3	5
Cobre	12	17	4
Chumbo	1,6	0,57	0,29
Cádmio	0,0014	0,0068	0,018
Mercúrio	0,000038	0,000018	0,00007
Ouro	0,00000067	0,00000061	0,00024
Prata	0,0000077	0,000007	0,0012
Paládio	0,0000003	0,00000024	0,00006
Índio	0	0	0,0005
Plásticos bromurados	0,29	0,75	18
Outros Plásticos	19	37	12
Vidros de Chumbo	0	0	19
Vidros	0,017	0,16	0,3
Outros	10	6,9	5,7
Total	100	100	100

É possível observar que grande parte dos materiais que compõem um produto eletroeletrônico podem ser reciclados, e alguns desses materiais possuem um alto valor de mercado, como é o caso da prata, do ouro e do paládio. Por outro lado, existem alguns desses componentes que podem fazer mal ao ser humano, e é devido a essas características que é vantajoso trabalhar com o *ecodesign* no desenvolvimento deste tipo de produtos. Primeiramente, para evitar danos à saúde humana, em segundo lugar para reaproveitar os materiais e reinseri-los na cadeia produtiva, reduzindo assim o consumo de matérias-primas e por fim para que materiais de alto valor não sejam perdidos. Atualmente, o maior esforço que se é visto em cima desses produtos em final de vida é justamente para recuperação dos metais mais valiosos, como o ouro, o paládio e a prata.

4.3. PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE CASO

Para um bom planejamento do estudo de caso, é necessário que se possa localizar dentro do Processo de Desenvolvimento de Produtos apresentado no capítulo 3 dessa dissertação. De acordo com a Tabela 5, o estudo de caso estará localizado na macrofase de Pós-desenvolvimento, mais especificamente na fase de “descontinuar o produto”. As principais ferramentas que poderiam ser aplicadas e testadas seriam: a completa realização da ACV, a pegada de carbono e a pegada ecológica. Entretanto, devido às limitações de tempo e recursos, não será possível a aplicação destes itens,

ficando como possibilidade para a realização de novos estudos. Já os itens relacionados ao *ecodesign*, apresentados no capítulo 2, servirão para a definição dos parâmetros de análise apresentados no item “Projeto” mais adiante.

O planejamento do estudo de caso foi feito de forma a tentar seguir o máximo possível a metodologia de Robert Yin apresentada anteriormente. Sendo assim, apresenta-se a seguir dentro de cada etapa como o estudo de caso foi planejado:

4.3.1. PLANO

Como demonstrado anteriormente, na etapa chamada de Plano, devemos decidir se o estudo de caso é a ferramenta ideal a ser utilizada. Foi considerado que o estudo caso instrumental era a ferramenta de pesquisa ideal a ser utilizada pelo fato de que se almeja um entendimento maior de uma situação específica, assim como pelo fato de tratar-se de uma zona de desmontagem de lixo eletrônico.

4.3.2. PROJETO

Inicialmente, foi decidido que a área a ser analisada seria o Centro de Destinação Responsável (CDR) da empresa Xerox do Brasil, localizado em Itatiaia no Estado do Rio de Janeiro. Por já existir um contato prévio com o responsável local e pelo tipo de trabalho realizado no CDR, ele foi considerado a área de análise ideal para o estudo. A etapa de projeto também foi responsável pelo levantamento das questões de estudo. Neste momento, foi levantado tudo que se queria saber e avaliar durante o estudo de caso e quais critérios seriam usados para obter essas informações. As principais questões colocadas foram:

- Uma área de desmontagem de eletrônicos é capaz de trazer algum retorno tangível ou intangível para a empresa?
- As técnicas e princípios do *ecodesign*, se aplicadas, trazem melhorias no processo de desmontagem dos eletrônicos?
- Quais as motivações para manter uma área de desmontagem de eletrônicos em funcionamento?

Além das questões a serem respondidas, foram levantados também os critérios que seriam avaliados, como a facilidade de desmontagem dos produtos, a quantidade de materiais diferentes utilizados, tempos e custos envolvidos no processo e a qualificação necessária para a mão de obra. A proposição principal é que de a aplicação de ferramentas e princípios do *ecodesign* pode ajudar na melhoria e no retorno de uma área

de destinação de produtos eletroeletrônicos. Essa proposição mostrar-se-á verdadeira ou falsa mais adiante.

Definição dos parâmetros para análise Estes são os padrões que serão analisados e estudados durante as visitas à área de desmontagem de produtos eletrônicos com a finalidade de entenderem-se melhor como as técnicas e os princípios do *ecodesign* ajudam ou poderiam ajudar o trabalho de logística reversa em questão. Os parâmetros aqui definidos devem ser de fácil observação e vale lembrar que por esta razão terão certo grau de subjetividade por parte do observador. A seguir encontram-se mais detalhes sobre esses itens:

a) Facilidade de desmontagem

A facilidade de desmontagem envolve a importância da separação dos diversos materiais, a forma com que eles estão conectados e a importância de manter esses materiais intactos ou não durante o processo. O que se pode ver é que muitas vezes não há a necessidade de um grande cuidado ao se desmontar produtos eletrônicos, principalmente quando não há pedaços em bom funcionamento que possam ser reaproveitados. Deve-se avaliar também se o produto chega inteiro para destinação ou em partes, após ter sido previamente desmontado para aproveitamento de peças. Existem parafusos, porcas ou outras formas de encaixe que facilitam ou dificultam o processo de fim de vida? Essas avaliações são importantes para que se saiba se durante a concepção do produto foi levado em consideração o final de sua vida e sua consequente desmontagem. Pode-se observar aqui também se a facilidade de desmontagem influencia de alguma forma os custos do processo. Este é um dos principais parâmetros a serem observados e comentados mais a frente neste trabalho.

b) Quantidade de materiais envolvidos

Outro aspecto a ser avaliado é a quantidade de materiais diferentes existentes no produto que está sendo desmontado. Pode-se notar que atualmente existem vários tipos de plásticos e metais nos mesmos produtos e nem sempre a separação deles é fácil de ser realizada. O ideal é que houvesse a menor quantidade possível de materiais, facilitando a separação e posteriormente a reciclagem. É importante avaliar também quais os materiais podem ser separados ou não e se um deles pode influenciar a reciclagem de outro, gerando o já mencionado *downcycling*. Os funcionários que trabalham na desmontagem devem saber diferenciar os diversos materiais? Observa-se neste ponto se existe relação da facilidade de desmontagem com a quantidade de materiais e com o custo do processo envolvido.

c) Tempos envolvidos na destinação

Os tempos envolvidos na desmontagem provavelmente estarão diretamente ligados à facilidade de desmontagem e a quantidade de materiais existentes nos produtos. Obviamente o tempo de desmontagem também influenciará os custos do processo. As avaliações de tempo podem ser feitas para que seja possível ter uma ideia da capacidade de produção por operário diariamente, ou seja, o quanto uma pessoa pode processar de certo material. Posteriormente esse dado pode ser cruzado com a geração diária de lixo eletrônico proporcionando um cálculo do quanto devemos ter de pessoas trabalhando na área de desmontagem desse tipo de produto.

d) Custos envolvidos no processo

Os custos envolvidos no processo estarão diretamente relacionados com o tempo envolvido na desmontagem dos produtos, com a implementação de um sistema de logística reversa e do quanto se pode gerar de receitas através da reciclagem e venda dos materiais retirados dos produtos. Considerando que existem materiais nobres, como o ouro e o paládio, deve-se avaliar quanto pode haver de retorno em cima de um produto como uma máquina de xerox, um celular ou um computador. Logo, é importante que haja um retorno financeiro ou de imagem para a empresa, mostrando que esses custos envolvidos geram algum retorno. Contudo, este parâmetro pode ser complicado de ser acessado por conta de confidencialidade da empresa.

e) Qualificações necessárias

A avaliação das qualificações necessárias para a realização das atividades de desmontagem de produtos eletroeletrônicos visa entender melhor a importância do trabalho, o custo e a complexidade para a sua realização. Inicialmente, imagina-se que a qualificação necessária seja baixa, porém algumas coisas são essenciais, como o conhecimento de alguns materiais, a noção de tempos e custos para que o processo seja viável, portanto, entender melhor as qualificações possibilita uma compreensão mais ampla da viabilidade do surgimento de novas empresas que realizem desmontagem ou da implementação de um setor de desmontagem sem grande aumento de custos.

4.3.3. PREPARAÇÃO

Por conta da localização da área estudada, e da distância do investigador, a preparação foi feita de forma que ocorresse o mínimo de visitas possível. Dessa forma, foram definidas duas visitas ao local e que o tratamento das demais questões poderia ser feito via e-mail. Além disso, mais dois outros locais próximos de desmontagem de

eletrônicos e um local de reciclagem foram visitados para que houvesse uma maior familiaridade com a situação por parte do investigador. A primeira visita seria somente para investigação, com um formulário de questões mais aberto, sem muitos detalhes e ainda sem contato direto com os funcionários da área e sim com a gerência local. A finalidade principal era de conhecer o local e o trabalho desempenhado e poder facilitar a construção de questões mais detalhadas para uma segunda etapa. A segunda visita seria uma visita mais demorada, com questões mais detalhadas e com contato direto com a gerência e com os funcionários da área de desmontagem, inclusive com questões voltadas para eles.

Para a primeira visita foi elaborado o seguinte questionário, que foi aplicado somente ao responsável pelo CDR:

- I. Como surgiu a ideia de criar o setor de desmontagem da Xerox?
- II. Os produtos da Xerox já são desenvolvidos com o pensamento da desmontagem no final de sua vida útil?
- III. Como é a estrutura do setor? Possui organograma, divisão de áreas, etc.?
- IV. Quantos funcionários trabalham atualmente neste setor?
- V. O setor de desmontagem traz lucro para a Xerox ou ela paga para manter o setor funcionando?
- VI. E de onde vêm os lucros? Da coleta? Da destinação?
- VII. Como é feito o recolhimento dos produtos que chegam ao setor?
- VIII. A Xerox emite algum tipo de certificado de destinação correta dos produtos? Quais as vantagens desse tipo de certificado?
- IX. Quais os produtos que trazem mais retorno?
- X. Saber que está trabalhando em prol do meio ambiente traz satisfação pessoal para os funcionários?
- XI. Estão surgindo novas empresas nesse ramo, que podem atuar como concorrentes?
- XII. O lucro da empresa compensa o trabalho que dá para triagem, desmontagem e destinação?
- XIII. Quais empresas são atendidas pela Xerox?
- XIV. Como funciona o marketing deste setor da Xerox?
- XV. A Xerox possui alguma ligação ou relação com alguma universidade?

Já para a segunda visita, foi elaborada uma agenda e três questionários, dois voltados ao responsável geral pelo CDR e um voltado aos funcionários que atuam

diretamente na desmontagem dos produtos. Além disso, foram estabelecidas as observações que seriam necessárias na área. A agenda, apresentada na Tabela 8, teve o intuito de facilitar a comunicação e ordenar a visita para que todos os itens pudessem ser avaliados sem a necessidade de uma terceira ida ao local.

Tabela 8 - Agenda da 2ª visita ao CDR – Xerox

Fonte: Elaborada pelo autor

Início	Fim	Atividade	Acompanhamento
09:30	10:00	Chegada e tratamento das informações de confidencialidade	Responsável CDR
10:00	10:30	Aplicação de questionário sobre as atividades da XEROX	Responsável CDR
10:30	11:00	Coleta de informações (técnicas, tempos de desmontagem, aspectos que facilitam a desmontagem e reciclagem, custos e qualificação da mão de obra)	Responsável CDR
11:00	11:30	Visita ao Centro de Reciclagem e Destinação	Responsável CDR / Funcionário CRD
11:30	13:00	Pausa - Almoço	
13:00	14:00	Acompanhamento de desmontagem dos produtos / funcionamento de máquinas	Funcionário CRD
14:00	14:30	Conversa com funcionário do CRD	Funcionário CRD
14:30	15:00	Fechamento da visita e dúvidas finais	Responsável CDR

Os três questionários englobaram todas as questões que pretendiam ser respondidas bem como as principais proposições. Eles foram divididos em três etapas, englobando as atividades da Xerox do Brasil, as atividades do CDR e os funcionários que trabalham no CDR. A seguir podemos ver as perguntas que foram colocadas no estudo:

a) Questionário 1 – Atividades da Xerox do Brasil:

- I. Os produtos que entram para a desmontagem vêm de leasing ou são produtos que foram vendidos?
- II. Como é feito o recolhimento dos produtos? Houve alguma mudança recente?
- III. O setor de desmontagem da XEROX surgiu a partir de uma iniciativa da XEROX Brasil ou da matriz?
- IV. Os produtos XEROX são criados com o pensamento da desmontagem no final do seu ciclo de vida?
- V. A Xerox emite algum certificado de destinação para os donos dos produtos?
- VI. A Xerox desmonta mais alguma marca de produto ou somente da própria Xerox?
- VII. Qual o retorno gerado pelo CDR? Existe plano de expandi-lo ou encerrá-lo?
- VIII. A Xerox possui parceria com quais empresas?

- IX. Existem dados para serem disponibilizados? Quantidade de material reaproveitado, quantidade de máquinas desmontadas, retorno sobre o capital investido, etc.
- X. O lucro é uma meta ou pode se tornar uma meta? Qual o estímulo para manter o CDR?
- XI. A Xerox já fez a avaliação do ciclo de vida de algum produto dela? Pode ser disponibilizado?
- XII. Quais materiais são separados e qual o destino deles?

b) Questionário 2 – Atividades do Centro de Destinação Responsável

- I. Quais os produtos desmontados no CDR? Existe uma ordem de produtos que trazem mais retorno? Quais outras atividades existem na área?
- II. O CDR possui organograma que possa ser disponibilizado?
- III. Atualmente quantos trabalhadores existem no local? Quantos funcionários são terceirizados e quantos são próprios?
- IV. Existe um modo de operar na desmontagem dos produtos? Sequências a serem seguidas, etc.
- V. O foco principal é o reaproveitamento das peças e materiais ou a reciclagem?
- VI. São aplicadas técnicas de desmontagem e reciclagem no CDR? Quais?
- VII. Existe a medição de tempos médios de desmontagem por tipo de produto?
- VIII. Quais aspectos facilitam o trabalho do CDR?
- IX. Quanto a Xerox aplica anualmente na manutenção do CDR? O CDR é deficitário?
- X. Qual a necessidade de qualificação da mão-de-obra que trabalha no CDR? Quais os níveis de escolaridade dos funcionários atuais?
- XI. Os processos do CDR são de baixo impacto ambiental? Usam água, geram resíduos, usam energia elétrica, etc?
- XII. A vida útil de alguns produtos são otimizados com os trabalhos feitos no CDR?
- XIII. Quantos tipos de materiais são tratados no CDR? Existem informações numéricas mostrando quanto é gerado por mês/ano?
- XIV. Que materiais são processados de forma primária?

c) Questionário 3 – Os funcionários do Centro de Destinação Responsável

- I. Existe satisfação em saber que você está trabalhando a favor do meio ambiente?
- II. O que você considera que facilita a desmontagem? Pinos, encaixes, cola, etc?
- III. Quantas máquinas em média você desmonta em um turno de trabalho?

- IV. Quais atividades você faz e em que ordem para desmontar uma máquina?
- V. Você já aplicou algum conhecimento adquirido no trabalho na sua vida particular?
- VI. Após trabalhar no CDR, você passou a se preocupar mais com questões ligadas ao meio ambiente?
- VII. Você sente falta de algum tipo de qualificação para a realização do seu trabalho?
- VIII. Quão difícil você considera desmontar e separar os materiais? Fácil, Médio, Difícil?

De posse de toda a preparação, partiu-se para a coleta dos dados, ou seja, as visitas propriamente ditas.

4.3.4. COLETA

A coleta dos dados ocorrera em duas visitas ao CDR, em que diversas fontes de evidência foram utilizadas como acesso a documentações, entrevistas e observações. O acesso a Xerox do Brasil e a receptividade por parte dos funcionários foi muito boa garantindo um excelente resultado de coleta de dados. Qualquer solicitação de informação não disponível no momento das visitas foi prontamente atendida via e-mail logo que possível. Foram exatamente dois dias de visitas que envolveram tanto visitas ao CDR quanto entrevistas com funcionários e com o responsável da área. Todos os assuntos de interesse do estudo de caso foram abordados e a empresa se mostrou interessada nos resultados do estudo. De posse dos dados partiu-se para análise.

4.3.5. ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados ficou longe de ser uma etapa trivial. De posse de muitas informações, foi uma etapa demorada e um trabalho meticuloso para que fosse possível responder as questões colocadas e gerar um resultado que pudesse ser confiável. O tratamento de uma quantidade muito grande de informações pode ser confuso e gerar enganos, e por essa razão foi uma das etapas mais demoradas e trabalhosas desse estudo. Entretanto, a análise pareceu satisfatória.

4.3.6. COMPARTILHAMENTO

O compartilhamento nada mais é do que a elaboração de parte dessa dissertação de mestrado que poderá ser compartilhada com a comunidade acadêmica e com as próprias empresas que tenham interesse em tomar nobres iniciativas como as tomadas pela Xerox do Brasil.

5. O CASO DO CENTRO DE DESTINAÇÃO RESPONSÁVEL (CDR) DA XEROX DO BRASIL

5.1. O FUNCIONAMENTO DO CDR

O CDR, funcionando há mais de 17 anos em Itatiaia desempenha diversas atividades em prol do meio ambiente, da remanufatura, da reutilização e da reciclagem de equipamentos de escritório. E para tal, são diversos tipos de processos que acontecem dentro das dependências da Xerox:

1. Desmontagem de máquinas e componentes
2. Desmontagem de PWB
3. Classificação de cartuchos (toners)
4. Separação de pó de toner
5. Trituração de plástico
6. Prensagem de papelão, papel e plástico mole
7. Recuperação de paletes
8. Limpeza de alumínio
9. Separação e destinação de materiais contaminantes

Cada um desses processos é essencial para o bom funcionamento do setor e para que a desmontagem, a separação, a classificação e destinação aconteçam de forma correta, beneficiando tanto a Xerox quanto o meio ambiente.

Na Figura 19 é visto com mais detalhes os produtos que chegam ao CDR e os caminhos que eles seguem. Ao chegar, estes produtos são recebidos, triados e armazenados. Posteriormente passam para as áreas de desmontagem, onde suas peças são separadas e em seguida são classificadas, separadas, processadas (quando necessário), embaladas e destinadas da forma correta. A seguir é possível ver mais detalhadamente cada uma dessas atividades.



Figura 19 - Fluxo da Logística Reversa do CDR

Fonte: Xerox do Brasil (2013)

5.1.1. RECEBIMENTO

A Xerox recebe no seu Centro de Destinação Responsável materiais de todo o Brasil, tanto de pessoa física quanto de pessoa jurídica. O canal de logística reversa, já há muitos anos em funcionamento, é o responsável por garantir que esses materiais em final de vida cheguem a Itatiaia para sua desmontagem e destinação. Os principais produtos que chegam ao CDR são:

1. Máquinas pequenas com média de 22 kg;
2. Máquinas médias com média de 105 kg;
3. Máquinas grandes com média de 536kg;
4. Máquinas extragrandes com média de 1078 kg
5. Conjuntos pequenos com média de 3kg;
6. Conjuntos médios com média de 8 kg;
7. Conjuntos grandes com média de 12kg;
8. Toners.

As maiores máquinas e os maiores conjuntos são os que trazem maior retorno por ter maior volume de materiais e maior valor agregado. O mundo ideal do CDR, segundo seus colaboradores, era a chegada somente de máquinas e conjuntos de grande porte. O alumínio e aço inox são considerados os materiais de maior valor agregado presentes nas máquinas e conjuntos e trazem um bom retorno ao serem revendidos.

Todos os materiais recebidos pelo CDR chegam sobre paletes e alguns deles vêm embalados em caixas de papelão que são reaproveitadas de máquinas novas. Ao passo que os caminhões com os produtos em fim de vida chegam, o material é retirado através de empilhadeiras para que seja possível realizar uma conferência. Após serem conferidos, os produtos são encaminhados para a armazenagem.

5.1.2. ARMAZENAGEM

O armazenamento dos produtos ocorre devido à existência de uma fila para a desmontagem e, portanto, as máquinas, componentes e toners devem aguardar as demais desmontagens. É importante dizer que as máquinas recebidas em Itatiaia não precisam de um cuidado especial, pois não podem ser reutilizadas. Toda a parte de remanufatura foi repassada às redes autorizadas, sendo que só as máquinas e componentes sem recuperação chegam até as instalações da Xerox. Assim sendo, não há qualquer problema de manuseamento, tornando barato trabalhar com esses materiais. Na Figura 20, é possível observar que grande parte das máquinas, comprovadamente sem utilidade após passarem pela triagem, ficam ao relento, expostas a sol e chuva, esperando para serem desmontadas e que seus materiais sejam separados e destinados.



Figura 20 - Estoque de produtos em espera para desmontagem na Xerox

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

A armazenagem por si só já mostra que existe uma grande quantidade de produtos em fim de vida. Todo o material para desmontagem apresentado na foto é somente da marca Xerox. Se pegarmos todas as marcas que existem no mercado, imagina-se a imensa quantidade de produtos que requerem ser destinados de maneira ecologicamente correta. Após aguardarem estocadas, as máquinas e componentes seguem para os postos de trabalho, onde é iniciado o processo de desmontagem.

5.1.3. DESMONTAGEM

A desmontagem é uma das principais atividades do CDR e aqui será mostrado o porquê de sua importância. Apesar de não parecer, o desmembramento de materiais é de extrema importância, por garantir que não ocorra o *downcycling* e por agregar valor aos produtos vendidos. Por exemplo, uma peça que aparentemente não possui grandes possibilidades de desmontagem, como a fonte motor apresentada na Figura 21, pode dar um retorno incrivelmente maior quando tiver seus materiais separados.

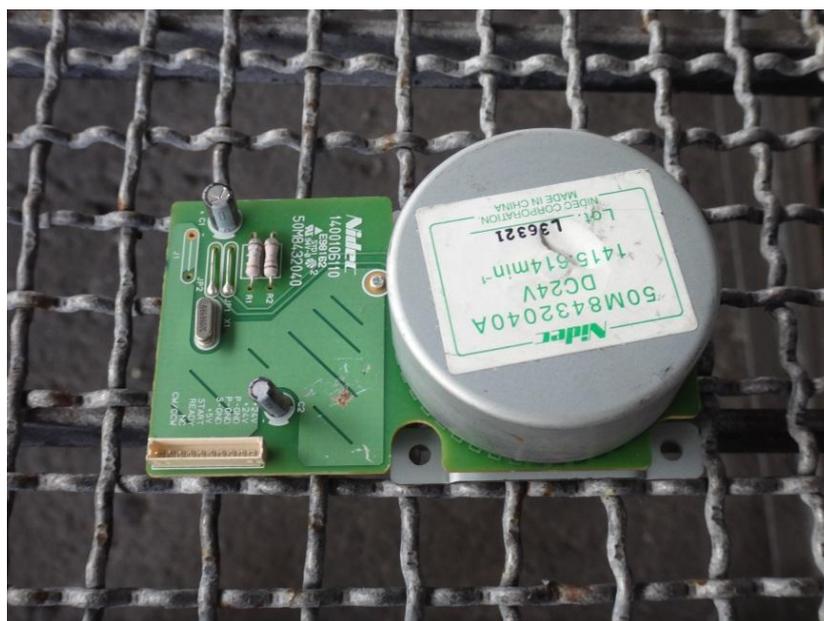


Figura 21 - Componente de pequeno porte para desmontagem

Fonte: Imagem obtida pelo autor durante visita ao CDR

Esse componente, se vendido inteiro, rende cerca de R\$ 0,20 por quilo, sendo que uma peça inteira pesa cerca de 200 gramas, ou seja, uma peça dessa é vendida por R\$ 0,04. Entretanto, quando desmontado, só um rolamento presente no componente pode ser vendido por R\$ 0,25 a unidade. Como ele tem dois rolamentos, o fato de desmontar já garante um retorno 1250% superior. Esse retorno incrivelmente maior diz

respeito somente aos rolamentos presentes na peça. Fora isso, a venda do ferro a R\$ 0,25 por quilo, do cobre a R\$ 8,70 o quilo, da placa eletrônica a R\$ 12,00 o quilo e dos cabos e fios a R\$ 1,60 o quilo, permite que a peça desmontada valha muito mais do que inteira e por essa razão o CDR tem capacidade de desmontar cerca de 500 kg desses componentes por dia. É notório que não exista um cuidado muito grande ao realizar a desmontagem desse tipo de peça, visto que não há preocupação com o funcionamento dessas peças e sim com a simples separação dos materiais.

Os produtos mais importantes, que geram maior trabalho e que trazem maiores retornos são as máquinas. Sua desmontagem é bem trabalhosa e leva um tempo considerável. Apesar de os produtos da Xerox ser pensados de forma a minimizar o número de materiais e facilitar a desmontagem, o processo não é trivial e demanda tempo e experiência para a realização. Para se ter uma ideia dos tempos envolvidos e do retorno que cada um deles traz, vide a Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 - Tempos de desmontagem de máquinas

Fonte: Elaborada pelo autor

Tipo de máquina	Peso médio (kg)	Tempo médio de desmontagem (min)	Retorno (min/kg)
Extra-Grande	1078	80	0,07
Grande	536	60	0,11
Média	105	40	0,38
Pequena	22	15	0,68

Quanto maior a máquina a ser desmontada, maiores são os tempos de trabalho envolvidos, entretanto, ao analisar o retorno que cada uma traz, ou seja, o tempo por quilograma desmontado, comprova-se que ocorre justamente o contrário. Quanto maior a máquina, menor o tempo de desmontagem por quilo. Isso corrobora com a visão da Xerox em relação ao CDR, de que quanto maiores as máquinas, melhor para o setor em termos de retorno financeiro.

As máquinas, ao chegarem aos postos de trabalho são pesadas, e da mesma forma acontece na saída dos materiais. Isso garante o acompanhamento da quantidade de material separada no processo. O produto é desmontado de forma estacionária, isto quer dizer que o funcionário o posiciona no centro de seu posto de trabalho e passa a

desmontá-lo, separando suas peças e as depositando nas gaiolas e caçambas devidamente identificadas para cada tipo de material. As gaiolas servem para que sejam colocados materiais que serão retrabalhados em outros postos de trabalho, enquanto as caçambas servem para depositar os materiais que não sofrerão mais processamentos, ou seja, vão para *bags* ou caçambas maiores para que possam seguir para seus destinos finais. Na Figura 22, observa-se a disposição do posto de trabalho, com a máquina de grande porte centralizada, permitindo que o operador se desloque ao redor dela durante o processo de desmontagem. Vê-se também, à direita, as gaiolas e caçambas que são utilizadas para separar os materiais que vão sendo retirados dos produtos e para separar também os materiais que serão processados em outros postos de trabalho dos que já deverão seguir para o seu destino final.



Figura 22 - Posto de desmontagem de máquinas

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

Os componentes, quando chegam ainda montados nas máquinas são separados, colocados em gaiolas e redirecionados para os seus postos de desmontagem. É basicamente destas máquinas desmontadas que vêm boa parte do material que é processado nos outros postos de trabalho, como chassis, PWB, tampas, bandejas, fusor, cintas, fonte motor, etc. Também, provenientes do transporte temos mais dois produtos, o isopor e os paletes, que também são tratados dentro do CDR.

Outro componente desmontado em quantidade no setor são os chamados PWB (*printed wiring board*), conhecidas como placas de circuito impresso. As PWBs são encontradas em todas as máquinas, de pequeno à grande porte e funcionam como o cérebro dos produtos. Elas são divididas em dois tipos: a PWB leve e a PWB pesada, conforme apresentado na Figura 23.



Figura 23 - Área de desmontagem de PWB

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

A desmontagem de PWB é um pouco mais complicada e a separação realizada é mais básica, momento no qual são separados os maiores componentes para serem revendidos separadamente. É possível desmontar por dia até seis gaiolas completas de PWB. Esse tipo de placa traz em seu corpo alguns materiais de alto valor, mesmo que em pequenas quantidades, como o ouro, o paládio e o cobre. Ainda são muito incipientes no Brasil ou até mesmo inexistentes as iniciativas que permitem a moagem e a separação total dos materiais que existem nesse tipo de placa. Grande parte desse tipo de material após a separação primária tem que ser vendido e posteriormente levado ao exterior para que possa prosseguir em seu processo de separação e destinação de final de vida. Entretanto o trabalho inicial realizado no CDR já permite um maior retorno em

cima da peça do que a simples venda direta da peça completa. Além disso, o PWB e o cobre são considerados uns dos materiais que mais rendem na revenda para o setor.

Além das desmontagens de máquinas e componentes, outra fase importante do trabalho realizado no CDR é a de classificação. A seguir veremos mais detalhes a respeito desse processo.

5.1.4. CLASSIFICAÇÃO

A classificação dos produtos é quase tão importante quanto à desmontagem. De nada adianta você desmontar o produto e destinar seus materiais misturados. Imediatamente retorna-se a questão do *downcycling*, que é justamente o que se quer evitar. Além disso, materiais misturados perdem valor no mercado e não é de interesse da empresa perder valor com esse tipo de situação. Outro ponto importante é a questão do que deve ou não ser destinado em aterros. A classificação e separação também influencia o fato de garantir que não serão depositados itens ou produtos de forma errada em aterros industriais. E ao contrário do que imaginado, não é uma atividade trivial, pois, conforme podemos ver na Tabela 10, os tipos de produtos são muitos.

Tabela 10 - Tipos de materiais para classificação

Fonte: Xerox do Brasil (2013)

MATERIAIS NOBRES E SUCATA	TIPOS DE PLÁSTICO MOÍDO	
ALUMÍNIO BLOCO	FILME COEXTRUSADO	PLÁSTICO MOÍDO PA COLORIDO
ALUMÍNIO COM FERRO	FITILHO	PLÁSTICO MOÍDO PA+AS C/FIBRA
ALUMÍNIO MISTO	PLÁSTICO MOÍDO ACRILICO	PLÁSTICO MOÍDO PC BRANCO C/ FIBRA
ALUMÍNIO PERFIL	PLÁSTICO MOÍDO PS CINZA	PLÁSTICO MOÍDO PC C/ FIBRA
SUCATA DE CABOS E FIOS	PLÁSTICO MOÍDO ABS ANTI-CHAMA COM FIBRA	PLÁSTICO MOÍDO PC COLORIDO C/ FIBRA
BRONZE	PLÁSTICO MOÍDO ABS PRETO E BRANCO ANTI-CHAMA	PLÁSTICO MOÍDO PC COLORIDO
SUCATA DE COBRE	PLÁSTICO MOÍDO ABS BRANCO	PLÁSTICO MOÍDO PC PRETO
SUCATA DE FERRO	PLÁSTICO MOÍDO ABS BRANCO ANTI-CHAMA	PLÁSTICO MOÍDO PC PRETO C/ FIBRA
SUCATA DE FONTES E MOTORES	PLÁSTICO MOÍDO ABS C/ % DE ANTI-CHAMA	PLÁSTICO MOÍDO PC TRANSPARENTE
HD	PLÁSTICO MOÍDO ABS CINZA	PLÁSTICO MOÍDO PC+PS AZUL
INOX 300	PLÁSTICO MOÍDO ABS COLORIDO	PLÁSTICO MOÍDO PC+PS BRANCO
INOX 400	PLÁSTICO MOÍDO ABS COLORIDO % ANTI-CHAMA	PLÁSTICO MOÍDO PC+PS COLORIDO
LATÃO	PLÁSTICO MOÍDO ABS COLORIDO ANTI-CHAMA	PLÁSTICO MOÍDO PC+PS PRETO C/ FIBRA
PAPEL BRANCO	PLÁSTICO MOÍDO ABS PRETO	PLÁSTICO MOÍDO PET PRETO C/ FIBRA
SUCATA DE PAPELÃO	PLÁSTICO MOÍDO ABS PRETO ANTI-CHAMA	PLÁSTICO MOÍDO POLI NAPOLITANO C/ FIBRA
PLÁSTICO MOLE	PLÁSTICO MOÍDO ABS PRETO C/ % DE FR	PLÁSTICO MOÍDO POM BRANCO
PWB LEVE	PLÁSTICO MOÍDO ABS PRETO COM FIBRA	PLÁSTICO MOÍDO POM BRANCO E PRETO
PWB PESADO	PLÁSTICO MOÍDO ABS PRETO E BRANCO	PLÁSTICO MOÍDO POM COLORIDO
RODÍZIO	PLÁSTICO MOÍDO ABS TRANSPARENTE	PLÁSTICO MOÍDO POM PRETO
ROLAMENTO	PLÁSTICO MOÍDO ABS VERDE	PLÁSTICO MOÍDO PP AZUL
ROLOS E TUBOS DE FERRO	PLÁSTICO MOÍDO ABS+PC AZUL	PLÁSTICO MOÍDO PP BRANCO
VENTOINHA	PLÁSTICO MOÍDO ABS+PC BRANCO	PLÁSTICO MOÍDO PP COLORIDO
VIDROS E ESPELHOS	PLÁSTICO MOÍDO ABS+PC COLORIDO	PLÁSTICO MOÍDO PP LARANJA C/ FIBRA
	PLÁSTICO MOÍDO ABS+PC MARROM	PLÁSTICO MOÍDO PP PRETO
	PLÁSTICO MOÍDO ABS+PC PRETO	PLÁSTICO MOÍDO PPT C/ FIBRA PRETO
	PLÁSTICO MOÍDO ABS+PC PRETO E BRANCO	PLÁSTICO MOÍDO PS BRANCO
	PLÁSTICO MOÍDO HDPE BRANCO	PLÁSTICO MOÍDO PS BRANCO ANTI-CHAMA
	PLÁSTICO MOÍDO HDPE COLORIDO	PLÁSTICO MOÍDO PS BRANCO C/ EXPANSOR
	PLÁSTICO MOÍDO HDPE PRETO	PLÁSTICO MOÍDO PS COLORIDO C/ EXPANSOR
	PLÁSTICO MOÍDO HDPE VERMELHO	PLÁSTICO MOÍDO PS CINZA COM % DE NORYL
	PLÁSTICO MOÍDO MISTURADO	PLÁSTICO MOÍDO PS COLORIDO
	PLÁSTICO MOÍDO NORYL BRANCO	PLÁSTICO MOÍDO PS COLORIDO C/ FIBRA
	PLÁSTICO MOÍDO NORYL COLORIDO C/ EXPANSOR	PLÁSTICO MOÍDO PS COLORIDO C/ % NORYL
	PLÁSTICO MOÍDO NORYL COLORIDO	PLÁSTICO MOÍDO PS BRANCO ANTI-CHAMA
	PLÁSTICO MOÍDO NORYL PRETO	PLÁSTICO MOÍDO PS MARROM
	PLÁSTICO MOÍDO NORYL PRETO C/ EXPANSOR	PLÁSTICO MOÍDO PS PRETO
	PLÁSTICO MOÍDO NORYL PRETO C/ FIBRA	PLÁSTICO MOÍDO PS PRETO ANTI-CHAMA
	PLÁSTICO MOÍDO NYLON	PLÁSTICO MOÍDO PS PRETO E BRANCO ANTI-CHAMA
	PLÁSTICO MOÍDO PVC	PLÁSTICO MOÍDO PS PRETO + PS BRANCO
	PLÁSTICO MOLE ANTI-ESTÁTICO	PLÁSTICO MOÍDO PS TRANSPARENTE
	SACO ALUMINIZADO	

Dentro das importantes atividades da classificação, é possível colocar os toners ou cartuchos, que também são recebidos em grande quantidade, principalmente pelo incentivo dado à sua devolução. Os toners, inicialmente vão para a mesa de avaliação, onde são avaliados para saber se podem ser reaproveitados para uso. Caso possam ser reaproveitados, são imediatamente embalados para retornarem ao processo produtivo. Se não puderem ser reaproveitados, eles seguem para a área de separação de pó de toner apresentada na Figura 24. A partir de 2011, a Xerox passou a dar destinação para a reciclagem ao pó do toner, evitando a sua deposição em aterros industriais.



Figura 24 - Setor de separação de pó de toner

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

Outro material que tem a etapa de classificação como essencial é o plástico. Primeiro porque existem diversos tipos diferentes de plástico conforme já abordado e segundo porque se misturados, eles perdem muito o valor de mercado ao seguirem para a reciclagem. Neste caso, os compradores necessitam ter confiança no processo de separação da Xerox, pois eles precisam de garantias de que não haja mistura e consequentemente o *downcycling*. Até hoje o CDR nunca recebeu nenhuma reclamação a respeito da mistura de tipos diferentes de plástico, o que mostra que o processo de classificação e separação funciona muito bem.

Após a desmontagem e a retirada total dos materiais ferrosos e adesivos, os plásticos, como ainda serão passados para outros postos de trabalho para serem manejados e processados, ficam estocados em gaiolas antes de serem moídos. Os que já foram identificados durante a desmontagem ficam identificados aguardando a próxima fase (Figura 25 - itens 1 e 2) enquanto os que por qualquer motivo ainda não foram classificados, ficam aguardando a sua correta separação (Figura 25 - item 3). É preciso que antes da moagem, se tenha a certeza de que não há contaminações e para tal os operadores são experientes e muito bem treinados para saberem diferenciar os tipos de plástico. Eles também possuem um queimador à vela que permite identificar os diferentes tipos de materiais plásticos (Figura 25 - item 4), assim, garantindo que não ocorram erros.



Figura 25 - Classificação de plásticos

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

A quantidade de tipos de plástico que chega ao CDR como a própria quantidade processada desse tipo de material mostra a importância do tratamento deles. Apesar de a Xerox trabalhar em seus projetos de produtos com o intuito de diminuir a quantidade de materiais, ainda existem muitas peculiaridades de uso dos plásticos que pedem que eles tenham propriedades diferentes, como maior resistência ao calor ou resistência à fratura, o que faz com que ainda existam diversos tipos de plásticos diferentes e que precisam ser separados e reciclados individualmente. A Xerox, em seu Centro de Destinação, chega a separar até 10.000 quilos de plásticos por mês, garantindo que esse tipo de material não seja descartado no meio ambiente e que seja reaproveitado pelo mercado.

Outros produtos de importante classificação e separação para o CDR são os diferentes tipos de alumínio e inox e suas misturas. Essas podem ser observadas na Figura 26 abaixo, em que o item 1 representa um alumínio perfil, o item 2 representa um inox 300, o item 3 representa um alumínio bloco, o item 4 representa um alumínio misto e o item 5 representa um alumínio com ferro.

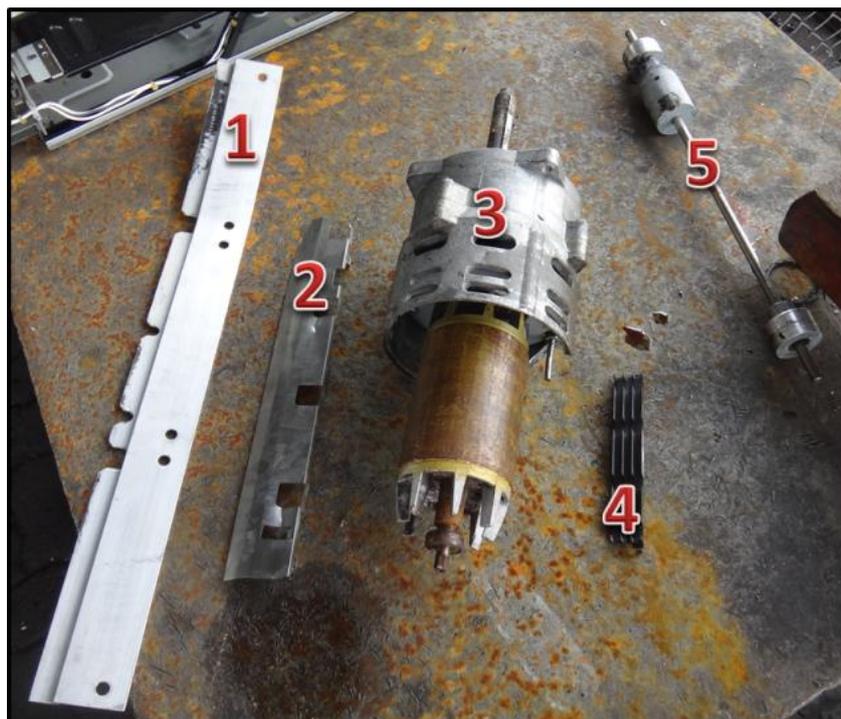


Figura 26 - Diferentes tipos de alumínio e inox

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

O alumínio e o inox são muito valorizados no mercado e sem limpeza, ou seja, misturados com outros materiais eles perdem muito o valor. Para se ter uma ideia de quanto é vantajoso fazer a limpeza do alumínio e do inox, basta analisar a Tabela 11. O valor de mercado pode chegar a ser até dezesseis vezes superiores nos casos de realização da limpeza das peças.

Tabela 11 - Valor dos diferentes tipos de alumínio e inox

Fonte: Xerox do Brasil (2013)

Tipo de alumínio		Valor de mercado (R\$/Kg)
Sem limpeza		0,21
Limpos	Perfil	3,40
	Misto	2,20
	Inox 300	2,00
	Bloco	1,60

Mais uma vez é perceptível o quanto é vantajoso fazer a separação dos materiais, tanto para quem realiza o trabalho, quanto para a natureza, uma vez que se aumenta o

reaproveitamento e a reciclagem, é reduzida a deposição em aterros sanitários ou até mesmo no próprio meio ambiente. O CDR consegue classificar e separar até 600 kg/mês de alumínio perfil, até 300 kg/mês de alumínio bloco, até 1200 kg/mês de alumínio misto, até 200 kg/mês de inox 300 e até 40.000 kg/mês de alumínio com ferro. Se utilizarmos os dados dos alumínios perfil, misto e bloco e compararmos com uma venda sem limpeza, chegamos a um ganho a mais no mês de mais de 1200%, mostrando que esse tipo de atividade agrega valor a um material que já está fora de uso.

5.1.5. PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE MATERIAIS

Alguns produtos já saem do CDR tendo sido processados primariamente. Esse processamento primário acontece por diversos motivos, sendo que os mais importantes são a facilidade e otimização do transporte e a agregação de valor ao produto que será vendido no mercado para reaproveitamento ou reciclagem ou que será destinado para sua disposição final. Dentre os materiais que sofrem esse processamento primário, pode-se destacar o papel e papelão, os próprios plásticos, o isopor e os paletes de madeira. A seguir, será explicado um pouco mais como se dá o processamento primário desses produtos.

O papel e o papelão, que são passíveis de reciclagem chegam ao CDR juntamente com as máquinas, principalmente como embalagem. Se não puderem ser reaproveitados, são separados e encaminhados para a prensagem. A prensa (Figura 27) serve para compactar o material e facilitar a sua pesagem, sua venda e para otimizar tanto o estoque quanto o transporte, permitindo o uso de menos caminhões para transporte de mais quilos. Após a prensagem, o material é colocado em caçambas maiores que posteriormente são encaminhadas para o parceiro que é responsável pela reciclagem desse tipo de produto.



Figura 27 - Prensa de papelão e plástico mole e papelão prensado na caçamba

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

O plástico, diferentemente do papelão, pode sofrer diferentes tipos de processamento primário. No caso de plásticos moles, as mesmas prensas usadas para papelão são utilizadas para a prensagem desse material. Da mesma forma que o papelão, os plásticos moles prensados são colocados em caçambas que posteriormente são encaminhadas para um parceiro que então faz a reciclagem do material. Os demais tipos de plásticos, ao invés de seguirem para as prensas, são triturados, também com o intuito de facilitar o manuseio, a pesagem, a venda e a otimização do estoque e do transporte. É de extrema importância, como já mencionado anteriormente, que não haja poluição entre plásticos, já que depois de triturado a separação é praticamente inviável. O triturador (Figura 28) serve para diversos tipos de plásticos e após ser processado, o material segue para *bags* que facilitam demais o transporte, pois os grãos de plástico são muito pequenos e podem ser transportados e estocados em grande quantidade sem muitos problemas.



Figura 28 - Triturador de plásticos e plástico triturado

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

Vale mencionar que no caso das prensagens, existe um parceiro trabalhando dentro do CDR. Como este parceiro é o destino do papel e papelão e do plástico mole, ele coloca dois colaboradores próprios para realizar o trabalho de prensagem dos materiais. Esta é uma negociação feita na parceria que existe entre as empresas e tem funcionado bem para ambas.

O isopor pode ser tratado como um ponto crítico dentro do CDR. Além de ser um material de grande volume e pouco peso, ele existe em grande quantidade e os locais de destinação final desse tipo de material são escassos aqui no Brasil. O parceiro principal da Xerox não está mais recebendo isopor e a Xerox está em negociação com outros possíveis parceiros para garantir que o destino desse tipo de produto não seja aterros industriais. O isopor não estava sendo prensado a pedido do parceiro que estava fazendo a destinação final deste tipo de material, logo o transporte e a estocagem é pouco otimizada. Hoje, por conta das negociações abertas, existe uma grande quantidade de isopor não prensado estocado aguardando carregamento dentro do CDR como podemos ver na Figura 29. É uma situação que está sendo delicadamente tratada e que os responsáveis se mostram bem otimistas com uma rápida solução. Apesar de o isopor não estar sendo processado primariamente nas instalações do CDR, ele também é passível de prensagem e consequentemente de otimização de estocagem e transporte.



Figura 29 - Bags de isopor aguardando carregamento

Fonte: Imagem obtida pelo autor durante visita ao CDR

O último tipo de material que sofre algum tipo de processamento primário dentro das dependências do CDR são os paletes. Os paletes são utilizados por toda a cadeia de logística reversa da Xerox e considerando que um único paleta de madeira chega a custar por volta de R\$ 100,00, é muito importante que se preserve esse material. Além de preservar o material, os colaboradores também fazem a recuperação desses produtos, principalmente para solucionar problemas de quebra de régua. Inicialmente, os paletes quebrados são separados dos demais e estocados como podemos ver na Figura 30. Após a recuperação, eles são empilhados e recolocados na cadeia de logística reversa para transporte dos materiais. Já os paletes que não tem mais serventia pelo nível de desgaste, são colocados nas caçambas para destinação final como madeira.



Figura 30 - Paletes quebrados, recuperados e inutilizados

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

5.1.6. EMBALAGEM

Todos os materiais que chegam e saem do CDR estão devidamente embalados e acondicionados. Cada tipo de produto segue seu caminho com um acondicionamento diferente. Os plásticos triturados, isopores e pó de toner são colocados em *bags* enquanto paletes (madeira), toners, plástico mole prensado, papel e papelão prensados são colocados em caçambas conforme apresentado na Figura 31. As embalagens utilizadas pela Xerox visam otimizar a quantidade transportada de materiais, garantindo um maior peso transportado por viagem.



Figura 31 - Bags e caçamba para transporte

Fonte: Imagens obtidas pelo autor durante visita ao CDR

5.1.7. DESTINAÇÃO

Para destinação dos materiais, a Xerox fecha diversas parcerias com empresas que emitem certificados que garantem o descarte ou reciclagem de forma correta. Destinar produtos em fim de vida é o principal foco do CDR. Todas as atividades desenvolvidas no setor visam facilitar e trazer um maior retorno para a empresa, garantindo o atendimento das leis e das próprias metas estipuladas pela Xerox. Uma grande preocupação é de evitar que materiais cheguem a aterros industriais e o setor trabalhe com a meta de destinar 100% dos materiais que chegam à Itatiaia. A empresa é tão engajada com a questão da destinação dos materiais que mesmo lâmpadas fluorescentes e outros tipos de materiais contaminantes, não necessariamente ligados às máquinas, são separados e destinados.

Papel e papelão prensados, assim como o plástico mole prensado são enviados para uma parceira no Rio de Janeiro que faz a reciclagem dos mesmos. Os diferentes tipos de plástico moído são vendidos no mercado. Os rolos difusores das máquinas, por

apresentar segredo industrial, são descaracterizados e retrabalhados antes de sua destinação final. Os paletes de madeira não recuperados são destinados como madeira. Os materiais contaminantes são separados e tratados também com parceiras. Isso quer dizer que tudo dentro do CDR tem seu destino, através da própria Xerox, do mercado ou de parceiros.

5.2. PARÂMETROS DE ANÁLISE E CONCLUSÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO

A partir de agora serão apresentadas as observações e asserções do investigador ao visitar o local do estudo de caso. Os cinco itens a seguir eram de maior importância para o estudo de caso, para que fosse construída uma ponte entre o *ecodesign* e o CDR. Foram feitas diversas perguntas a respeito destes pontos e várias observações durante as entrevistas e análises de desmontagem e de percepção dos colaboradores.

5.2.1. FACILIDADE DE DESMONTAGEM

Como a Xerox já desenha os seus produtos pensando no seu final de vida, a desmontagem e destinação são questões consideradas importantes, bem como a exclusão de materiais tóxicos. Infelizmente, não há desenvolvimento de produtos da empresa no Brasil, ou seja, todos os produtos são importados e desenvolvidos na matriz. O CDR não tem nenhuma participação no *design* desses produtos, o que pode ser considerado uma falha no processo, já que existe uma expertise em Itatiaia que poderia ser aproveitada.

Um exemplo de como a empresa é preocupada com a questão da desmontagem dar-se no seguinte: uma máquina mais antiga, como a Xerox 7000, apresentava muita cola e muitos parafusos de tipos diferentes. Às vezes em uma mesma máquina existiam até três tipos diferentes de parafusos, dificultando a desmontagem. Fora isso, havia por volta de dez tipos de plástico e oito motores. Máquinas mais novas, como a Xerox 4040, 220 ou 222 apresentam parafusos em menor quantidade, padronizados, sem muita utilização de cola e mais uso de encaixes. Passou-se a fazer o uso de menor quantidade de materiais, como por exemplo, somente quatro tipos de plástico em um mesmo produto. Hoje máquinas desse tipo têm no máximo dois motores. Em resumo, as máquinas novas chegam a ser cem vezes mais leves e desempenham mais atividades que as antigas. Essa preocupação da Xerox coincide perfeitamente com o que é preconizado no *design* para a desmontagem, apresentado no item 2.3.4 dessa dissertação.

O que pôde ser observado durante as visitas é que não existe um cuidado muito grande ao realizar a desmontagem dos produtos. Considerando que a maior parte dos materiais não podem ser reutilizados para o mesmo fim, a preocupação diminui. Entretanto, o trabalho para separação dos materiais, evitando a contaminação com outros, é visto como uma tarefa fundamental para aumentar o retorno ao CDR. A quantidade de encaixes é grande, mas ainda assim existem parafusos sendo utilizados, o que acaba por atrasar um pouco a desmontagem. Quando perguntados, os colaboradores colocaram a desmontagem das máquinas, em um nível de fácil a difícil, como de dificuldade mediana. Foi exatamente isto que foi observado no local, a desmontagem dos produtos não chega a ser difícil e muito trabalhosa, mas também não é trivial e fácil. Quanto maior o produto a desmontar, maior o tempo desprendido, entretanto maior é o peso desmontado por minuto. O fato de boa parte dos produtos chegarem ao CDR já parcialmente desmontados, devido ao reaproveitamento de peças em outras etapas da cadeia de logística reversa, traz uma vantagem interessante para o processo, visto que o esforço empreendido é menor, pois o trabalho acontece somente para a destinação dos materiais que não têm mais utilidade.

Todas as observações levam a crer que os produtos da Xerox apresentam um bom projeto quando se trata de final de vida e desmontagem e sem dúvida isso facilita o processo e o deixa mais barato, garantindo que a Xerox aplique um menor valor monetário e a empresa terceirizada que realiza as atividades aplique uma menor quantidade de homem/hora no trabalho. Sempre há margem para melhoria e o *ecodesign* e suas ferramentas podem ser de grande valor para uma facilidade ainda maior de desmontagem.

5.2.2. QUANTIDADE DE MATERIAIS ENVOLVIDOS

A quantidade de materiais nos produtos ainda é alta, mesmo com os esforços da Xerox em fazer produtos mais simples, como mostrado no item anterior. A questão é que as melhorias dos novos produtos, quando falamos em quantidade de materiais, são notórias, mas o CDR obviamente não recebe máquinas muito novas e mais modernas e sim máquinas em final de vida, muitas vezes mais antigas. Por essa razão, ainda existem muitos materiais diferentes sendo tratados no setor. A separação dos diferentes tipos de materiais muitas vezes depende dos colaboradores e de sua formação. A maior quantidade de diferentes tipos de materiais vem do plástico. São diversos os tipos de plásticos separados na Xerox e o *downcycling* é evitado através de rigorosas separações.

Foi possível observar durante as visitas que a quantidade de materiais não chega a ter uma influência muito grande na desmontagem das máquinas, mas sim após essa etapa. Isso acontece, pois os esforços de separação dos materiais são realizados após a desmontagem. No entanto, o processo como um todo é diretamente afetado pela quantidade de materiais existentes nos produtos, aumentando a necessidade de mão de obra e de tempo para garantir que não haja mistura e que se otimize as vendas, transporte e posteriormente a reciclagem. Isso quer dizer que quanto maior a quantidade de materiais diferentes, maior será o custo envolvido no processo e maiores os riscos de obter um retorno menor na venda por conta da maior probabilidade de poluição por outros tipos de materiais.

Apesar de ainda percebermos uma quantidade grande de materiais no CDR, fica claro que a tendência é que esse cenário seja modificado com o passar dos anos e com a obsolescência das máquinas mais novas. Podemos vislumbrar dessa forma, uma melhoria cada vez maior no design dos produtos, muitas vezes com a possibilidade de uso do *ecodesign*, e a consequente melhoria dos custos envolvidos no processo de desmontagem e separação de materiais, o que segue a lógica do *ecodesign* apresentada nos itens 2.3.1 e 2.3.4 desta dissertação.

5.2.3. TEMPOS ENVOLVIDOS NA DESTINAÇÃO

Ficou muito claro durante as observações que o tempo envolvido na desmontagem, separação e destinação são diretamente proporcionais à facilidade de desmontagem e à quantidade de materiais existentes no processo. Apesar de ainda ser aparente a grande quantidade de materiais, foi possível observar que a desmontagem não é um processo complicado e que o design dos produtos favorece a redução do tempo envolvido no processo. Como notado anteriormente, quanto maior os produtos a serem desmontados e destinados, maior o tempo envolvido, porém menor o tempo por quilo.

O CDR chega a destinar cerca de 60.000 kg por mês de resíduos sólidos, mas tem capacidade para fazer até 5 vezes mais. Em sua capacidade máxima, é possível destinar aproximadamente 1700 kg de materiais hora. Se considerado, por exemplo, o peso dos computadores em uso no Brasil no ano de 2005 (483.800 toneladas) e dividindo-o pela taxa de destinação por hora do CDR, seria preciso mais de 280 mil horas de trabalho para conseguir desmontar, separar e destinar todo esse material. Isso significa que seria necessário no Brasil, em funcionamento, cerca de 150 Centros de

Destinação como o da Xerox trabalhando em sua capacidade máxima em regime administrativo durante um ano completo. Esses números são colocados a título de exemplo, visto que todo esse peso de computadores em uso não chegará necessariamente ao fim de vida ao mesmo tempo. Mas esse cálculo mostra a importância da existência de centros de destinação pelo Brasil, ainda mais quando pensa-se na quantidade de produtos que chegarão ao fim de sua vida nos próximos anos.

A queda dos tempos envolvidos no processo de destinação que possivelmente ocorrerá nos próximos anos pode acabar por reduzir custos e ajudar na criação de novos centros de destinação. A Política Nacional de Resíduos Sólidos também favorecerá o aparecimento de locais para esse tipo de trabalho e a redução dos custos, bem como o uso do *ecodesign* e o surgimento de novas tecnologias para processamento de produtos em final de vida.

5.2.4. QUALIFICAÇÕES NECESSÁRIAS

As qualificações necessárias para os colaboradores do CDR são um ponto-chave para o bom funcionamento de todo o processo. Inicialmente é necessário que as pessoas tenham a consciência de por que o serviço é executado. É importante que os colaboradores gostem do que vão fazer e entendam as benesses que estão trazendo para o meio ambiente. Por estas razões, a formação do pessoal é essencial e é bem trabalhada pela Xerox. Quem faz a formação dos colaboradores é a empresa contratada, que já possui alguns anos de experiência no mercado quando se trata de manufatura reversa. Como a mão de obra desse tipo é escassa no mercado e existem algumas especialidades no processo, as pessoas são treinadas no local e não se exige experiência prévia e nem escolaridade mínima. Um exemplo da grande necessidade de formação dos colaboradores é o posto de classificador de plástico (existem mais de 2000 mil tipos de plástico no mercado) que exige um treinamento mais intenso seguido de uma boa experiência para garantir um funcionário de boa qualidade.

Além da formação, para que os funcionários estejam sempre atualizados eles trabalham em rodízio entre os postos de trabalho e desta forma todos podem participar das mais variadas etapas dentro do processo de destinação.

O que pôde ser observado no setor durante as conversas com os colaboradores, é que eles se sentem realizados no trabalho que fazem. As pessoas vêem tanta satisfação no que fazem que acabam levando a conscientização ambiental para suas vidas pessoais. Essas experiências pessoais sempre são compartilhadas no “Diálogo Diário de

Segurança” e essas trocas mostraram que os funcionários passaram a separar em suas casas tanto os materiais recicláveis quanto o óleo, aumentando o cuidado ambiental tanto próprio quanto de suas famílias.

Observou-se também que os operadores da área não sentem falta de nada na formação ao iniciarem seu trabalho, mostrando que o treinamento é bem completo. Tanto por parte da empresa contratada, quanto por parte da Xerox, as formações e informações são consideradas suficientes para o desempenho satisfatório do trabalho. Quando chegam novos materiais, eles são pesquisados junto aos responsáveis para que as melhores atitudes sejam tomadas. Quando chegam novas máquinas, a Xerox é avisada imediatamente para que o treinador seja o primeiro a fazer a desmontagem do produto, podendo assim calcular todas as quantidades de materiais que são separados e os tempos envolvidos nesta nova desmontagem. De posse desses dados, o treinador repassa os conhecimentos e a nova máquina é incorporada ao processo.

Desta forma, a qualificação do profissional é importante, mas ele é qualificado pela própria empresa responsável pela desmontagem, para garantir que ele estará preparado para os desafios que ele encontrará em seu local de trabalho. É possível imaginar que a tendência para o futuro é que se exija cada vez mais qualificações já adquiridas, e isso deve acontecer a medida que novos Centros de Destinação dentro de empresas ou independentes comecem a surgir.

5.2.5. CUSTOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO

Os custos de um centro como o CDR, claramente são muito importantes para a empresa, ainda mais com a Política Nacional de Resíduos Sólidos aprovada, o que exige que os produtores trabalhem na destinação de seus produtos. Desta forma, torna-se eminente a necessidade de se trabalhar os custos para que não se tenha prejuízos e sim lucro com as atividades de desmontagem, separação e destinação. Apesar dos esforços e trabalhos para tal, os retornos intangíveis, muitas vezes de imagem, ainda são maiores do que os retornos tangíveis. O CDR praticamente se paga para funcionar, apresentando quase um equilíbrio, com cerca de 49% de receitas e 51% de despesas. Vale mencionar que atualmente não existe uma previsão de aumento de produção no CDR, mas caso exista essa demanda, o setor está preparado para atender uma quantidade maior de produtos em fim de vida, aumentando somente a quantidade de pessoas trabalhando, otimizando os custos através de ganhos de escala.

Os custos são afetados diretamente pela facilidade de desmontagem, a quantidade de materiais existentes nos produtos, os tempos envolvidos no processo e a qualificação da mão de obra necessária para realizar o trabalho. O que pode ser observado é que a tendência, principalmente para grandes empresas como a Xerox é o equilíbrio a posterior inversão dos percentuais de receitas e despesas. Isso se dá pelo fato de que as empresas vão trabalhar cada vez mais nos processos de desenvolvimento de produtos com a finalidade de melhorar seus processos de destinação. Isso não quer dizer que as atividades como a CDR vão ser muito lucrativas, pois essa não é a real finalidade da Xerox, e por essa razão não existem cobranças no recolhimento dos produtos e nem são aceitos produtos de outras empresas.

Em resumo, foi observado que os custos são claramente uma grande preocupação da Xerox e já são anos trabalhando em prol da redução desses. Desta forma é possível inferir que obter lucro em uma atividade desse tipo não pode ser considerado trivial, e sim um grande desafio, mas que aparentemente pode ser superado e será superado em breve. Outras iniciativas, que não sejam necessariamente de empresas produtoras de eletrônicos, podem acabar tendo um êxito maior na busca desse tão sonhado lucro. Sem dúvida, o *ecodesign* é capaz de ajudar na redução dos custos existentes nos Centros de Destinação.

6. CONCLUSÃO, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante os estudos, foram visitados três lugares que fazem a destinação de produtos eletroeletrônicos em final de vida. Uma cooperativa incubada, lutando para conseguir um lugar no mercado, uma empresa independente que durante a pesquisa teve que fechar as portas por só conseguir pagar suas contas, sem lucro e a Xerox que tem uma empresa contratada trabalhando dentro de suas dependências. O *ecodesign* e suas ferramentas aparecem como uma alternativa barata, sustentável e que pode trazer muitos benefícios para as empresas que hoje, obrigatoriamente, terão que estabelecer canais de logística reversa e a manufatura reversa de seus produtos, como preconizado na PNRS. O fato de desenvolvermos um produto, pensando em todas as etapas da sua vida, favorece tanto a intensificação do seu uso durante a vida útil quanto a sua destinação final ao término de sua utilidade. Ficou claro que a avaliação do ciclo de vida (ACV) dos produtos é uma das atividades mais importantes quando se trata de sustentabilidade, pois permite analisarmos todos os impactos gerados pelo produto que está sendo criado ou que já está no mercado. Os princípios e ferramentas do *ecodesign* ajudam justamente a diminuir os impactos que produto possa gerar ao meio ambiente e conseqüentemente ao homem.

Outro ponto interessante da pesquisa foi a sugestão de incorporação de ferramentas e princípios do *ecodesign* em um modelo de referência de processo de desenvolvimento de produtos. Claramente isso só poderá acontecer se a empresa estiver engajada com a sustentabilidade através de seus produtos. A PNRS pode e deve ajudar a incorporar esse assunto no Planejamento Estratégico das empresas e no planejamento estratégico de produtos que a empresa pretende colocar no mercado. As possibilidades de uso são muito grandes, e os resultados podem ser muito interessantes, trazendo retornos tangíveis, como a redução de custos na manufatura reversa e retornos intangíveis, como um ganho de imagem junto ao mercado consumidor por desenvolver produtos ambientalmente amigáveis. Cada macrofase e cada fase do Processo de Desenvolvimento de Produtos apresentam suas peculiaridades e suas oportunidades de aplicação do *ecodesign*. Estas brechas foram mapeadas e foram sugeridos quais os princípios e ferramentas do *ecodesign* que poderiam ser aplicadas.

Por fim, o estudo de caso permitiu um maior conhecimento do problema que se vive atualmente e as grandes possibilidades de melhoria que existem através da aplicação do *ecodesign* no desenvolvimento de produtos. A Xerox sofre com a falta de incentivos fiscais e com a burocracia do governo brasileiro bem como com a falta de recicladores em geral no Rio de Janeiro, e de recicladores de placas eletrônicas no Brasil, havendo a necessidade de envio desses produtos para países como a Alemanha, com a finalidade de triturá-las e separar os seus diversos tipos de metais e materiais.

Outras partes como ferro, isopor e plásticos são destinados a recicladores em São Paulo e Rio de Janeiro. Mas mesmo com essas dificuldades, a Xerox já atendia à PNRS antes mesmo dela existir. Foi possível observar que vários dos princípios do *ecodesign* já são usados pela empresa e facilitam o trabalho de destinação final dos produtos, reduzindo custos. A minimização de consumo de recursos é aplicada no desenvolvimento de produtos e na produção, com a diminuição das máquinas e aumento de suas funções seguindo um dos princípios do *ecodesign* apresentado no item 2.3.1 desta dissertação.

No Centro de Destinação os processos são de baixo impacto e não há uso de água, somente energia elétrica e algumas emissões de gases pelas movimentações de veículos (empilhadeira e caminhões), seguindo outro princípio do *ecodesign* apresentado no item 2.3.2 desta dissertação. Todos os produtos têm sua vida útil aumentada através do aproveitamento de peças por parte das assistências técnicas, que estão incluídas nos canais de logística reversa, atendendo a mais um princípio do *ecodesign*, apresentado no item 2.3.3 desta dissertação. O projeto para a desmontagem que também é aplicado, principalmente nas novas máquinas, o que favorece a rapidez de desmontagem e facilidade de separação mostrando a utilização por parte da Xerox de outro princípio do *ecodesign* apresentado no item 2.3.4 desta dissertação. Uma importante ferramenta apresentada que não é aplicada pela Xerox é a ACV, mas há muitas oportunidades de aplicação que podem ser aproveitadas no futuro.

Os princípios e ferramentas do *ecodesign* se mostraram viáveis e passíveis de aplicação, ainda mais quando considerado que alguns desses princípios inclusive já são aplicados. O surgimento de novos centros de destinação também é um caminho viável, principalmente porque a Xerox não cobra para fazer o recolhimento dos produtos. Caso houvesse essa cobrança, a empresa rapidamente sairia de uma situação de equilíbrio de contas para uma situação de lucro. Para a Xerox, hoje, isso não é uma prioridade, no entanto, empresas que pretendem entrar no mercado podem e devem fazer esse tipo de

cobrança, garantindo retorno nos seus negócios. A aplicação do *ecodesign* com maior afinco também pode inverter uma situação de leve prejuízo, para uma situação de lucro, garantindo rentabilidade não só durante as vendas, mas também na destinação dos produtos. Não é uma atividade fácil de realizar, mas aparentemente é o caminho que vai se moldando à nossa frente, através da maior conscientização das pessoas, e a obrigatoriedade das empresas em destinar os seus produtos. O CDR da Xerox trabalha praticamente no equilíbrio entre despesas e receitas e a tendência natural, com ajuda do *ecodesign* é a redução dos custos de destinação de produtos e o desenvolvimento de mais recicladores no país, o que poderá vir a gerar lucro, favorecendo o surgimento de novos Centros de Destinação.

Outro ponto satisfatoriamente positivo dar-se pelo fato de que o fortalecimento da sustentabilidade na empresa possa vir a contagiar os funcionários da companhia, assim como os *stakeholders*. O fato de haver retorno financeiro pode ser um grande atrativo para esse contágio. Fora isso, a sustentabilidade no trabalho pode ser levada para dentro de casa, aumentando a atenção das pessoas para o desperdício, a reciclagem, a poluição, etc. Portanto, este é um trabalho que pode trazer muitas consequências positivas para a o meio ambiente e para a vida de todos nós.

Foi decidido durante as pesquisas que seria feito um guia de recomendações para orientar e ajudar empresas, centros de destinação independentes e pessoas que queiram conhecer e se engajar cada vez mais com as questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável. As recomendações dizem respeito às observações realizadas durante a pesquisa:

1. Aplicação do *ecodesign* – Claramente é um caminho a ser seguido, trazendo retornos interessantes para quem faz a destinação final e para quem aplica suas técnicas. Em um cenário no qual a própria empresa precisará destinar seus produtos, torna-se uma importante ferramenta.
2. O uso de ferramentas de Avaliação de Ciclo de Vida – Uma potente ferramenta que pode ser aplicada em diversos momentos do ciclo de vida dos produtos ou até mesmo em toda a vida. Ajuda a verificar os reais impactos dos produtos e permite comparações com demais produtos ou versões de produtos.
3. Buscar o retorno financeiro – Apesar de ser aparentemente difícil, a tendência é que o lucro fique cada vez mais próximo de acontecer. A melhoria dos processos de final de vida, a implementação de taxas de coleta e estudos de otimização para redução de custos podem favorecer o lucro em um Centro de

Destinação. Infelizmente, na maior parte do mundo as coisas só acontecem quando há retorno financeiro.

4. Fortalecimento do tripé da Inovação – Mais do que nunca as empresas, as universidades e os governos devem trabalhar em conjunto em prol da inovação relacionada à sustentabilidade. A Pesquisa e desenvolvimento podem ser grandes aliados para o desenvolvimento sustentável.
5. Respeitar a Política Nacional de Resíduos Sólidos – Mesmo sendo um pequeno passo, traz diretrizes interessantes que ajudarão a aumentar a quantidade de Centros de Destinação pelo Brasil.
6. Priorizar o consumo de produtos desenvolvidos através de *ecodesign* – Cada vez que produtos sustentáveis forem consumidos, o desenvolvimento de empresas que prezam pela conservação ambiental será estimulado..
7. Compartilhar conhecimentos – Quando as pessoas se engajam com a questão ambiental, elas naturalmente passam seus conhecimentos para o dia a dia e acabam “contaminando” as pessoas à sua volta. O fato de compartilhar o conhecimento, principalmente em um período de facilidade de comunicação, como por exemplo, através de redes sociais, ajudará a disseminar a preocupação com o meio ambiente.
8. Repensar a necessidade do materialismo – Nem sempre existe a necessidade de possuir um produto físico. A desmaterialização é uma realidade que pode trazer muitas vantagens tanto para empresas quanto para consumidores.
9. Exigir mais dos governos – Tanto empresas quanto a própria população devem exigir mais dos governantes. Muitas vezes a falta de incentivo acaba sendo determinante para que uma iniciativa dê certo ou não. A sociedade deve ser mais atuante em relação às decisões governamentais.
10. Reduzir o consumo – Independente da aplicação do *ecodesign* na concepção dos produtos, a redução do consumo de uma forma mais abrangente também é importante, principalmente para evitar situações como o efeito rebote, já mencionado.

6.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para continuidade da pesquisa, pode-se colocar a pesquisa e o estudo de caso de empresas que criam centros de destinação independentes, ou seja, empresas que visam unicamente o lucro com a destinação de produtos eletroeletrônicos.

Já existem algumas empresas deste tipo no mercado, buscando seu espaço. Pode ser avaliado como o lucro é obtido e as oportunidades de ganhos ainda maiores com a aplicação de técnicas como o *ecodesign*.

Outra possibilidade de pesquisa são as empresas que não tinham consciência ambiental e obrigatoriamente passaram a ter após a aprovação da PNRS. O estudo de como se deu essa adaptação e do quanto as novas resoluções estão impactando este tipo de empresas pode ser uma interessante discussão. Cada vez mais é possível estudar a aplicação de técnicas como o *ecodesign* e como elas podem ser benéficas em situações de âmbito da preservação ambiental.

É possível também aprofundar-se mais à questão do desenvolvimento dos produtos, através da criação de um modelo de referência de processo de desenvolvimento de produtos totalmente integrado ao *ecodesign*. Contudo, este trabalho seria mais complexo e demandaria um tempo muito maior para desenvolvimento.

Por fim, outra possibilidade de continuidade da pesquisa é um aprofundamento maior no estudo da Análise do Ciclo de Vida de produtos e das ferramentas disponíveis no mercado para a realização destes tipos de análises. Além desse aprofundamento, uma das ferramentas poderia ser escolhida para a aplicação de um piloto em um Centro de Destinação Responsável, avaliando o quanto estes centros geram de impacto ao meio ambiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. ISSN 2179-8303, 2011. 185 p.

ASHBY, Michael F. **Materials and the Environment** – eco-informed material choice.. Canadá: Elsevier, 2009. 385 p.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial** – conceitos, modelos e instrumentos. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 2007. 382 p.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 3 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 29 abr. 2014.

BRASIL. Lei n. 11.196, de 21 de novembro de 2005. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação - REPES, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras - RECAP e o Programa de Inclusão Digital; dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica; altera o Decreto-Lei no 288, de 28 de fevereiro de 1967, o Decreto no 70.235, de 6 de março de 1972, o Decreto-Lei no 2.287, de 23 de julho de 1986, as Leis nos 4.502, de 30 de novembro de 1964, 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.245, de 18 de outubro de 1991, 8.387, de 30 de dezembro de 1991, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.981, de 20 de janeiro de 1995, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, 8.989, de 24 de fevereiro de 1995, 9.249, de 26 de dezembro de 1995, 9.250, de 26 de dezembro de 1995, 9.311, de 24 de outubro de 1996, 9.317, de 5 de dezembro de 1996, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 9.718, de 27 de novembro de 1998, 10.336, de 19 de dezembro de 2001, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.485, de 3 de julho de 2002, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.755, de 3 de novembro de 2003, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.925, de 23 de julho de 2004, 10.931, de 2 de agosto de 2004, 11.033, de 21 de dezembro de 2004, 11.051, de 29 de dezembro de 2004, 11.053, de 29 de dezembro de 2004, 11.101, de 9 de fevereiro de 2005, 11.128, de 28 de junho de 2005, e a Medida Provisória no 2.199-14, de 24 de agosto de 2001; revoga a Lei no 8.661, de 2 de junho de 1993, e dispositivos das Leis

nos 8.668, de 25 de junho de 1993, 8.981, de 20 de janeiro de 1995, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.755, de 3 de novembro de 2003, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.931, de 2 de agosto de 2004, e da Medida Provisória no 2.158-35, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 de novembro de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111196.htm>. Acesso em: 29 abr. 2014.

BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. **Cradle to Cradle** – remaking the way we make things. New York: North Point Press, 2002. 193 p.

BRITO, Breno Phelipe Sabádo; NUNES, Vitor Carlos M.; BRAGA JR., Antonio Erlindo. **Análise crítica entre Produção mais Limpa e Ecodesign**. V CIPED. ISSN 2175-0289. São Paulo. 10-12 OUT/2009.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Guia da produção mais limpa** – faça você mesmo. Disponível em: <<http://www.pmaisl.com.br/publicacoes/guia-da-pmaisl.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2013.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 p.

EMPA – Materials Science & Technology. **E-wasteguide**. Disponível em: <<http://ewasteguide.info/>>. Acesso em: 30 set. 2012.

FIKSEL, Joseph. **Design for Environment** – A guide to sustainable product development. 2. Ed. McGraw-Hikk Companies, 2009. 410 p.

IBGE. **Sinopse dos resultados do Censo 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/default.php?cod1=33&cod2=330455&cod3=33&frm=evo_pop>. Acesso em: 05 set. 2012.

IBGE. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade** – 1980-2050. Revisão 2008. 93p.

ICF INTERNATIONAL – **Electronics Waste Management in the United States Through 2009**. U.S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery. Maio, 2009.

LAMBERT, A.J.D.; GUPTA, Surendra M. **Disassembly Modeling for Assembly, Maintenance, Reuse, and Recycling**. Florida: CRC Press, 2005. 419 p.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **Design for Environmental Sustainability**. Londres: Springer, 2008. 303 p.

MANZINI, Ezio. **Design para inovação social e sustentabilidade** – comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. 103 p.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis** – os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Edusp, 2008. 367 p.

MONT, O.K. **Clarifying the concept of product–service system**. Journal of Cleaner Production 10 (2002) 237–245.

NOWOSIELSKI, R. SPILKA, M. KANIA, A. **Methodology and tools of ecodesign**. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 23. Issue 1. Julho 2007

PNUMA, **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza** – síntese para tomadores de decisão, Disponível em: <www.unep.org/greeneconomy>, Acesso em: 20 set. 2013

R. EDWARDS, Andres. **The sustainability revolution** – portrait of a paradigm shift. Canada: New society publishers, 2005. 224 p.

ROMEIRO FILHO, Eduardo (coordenador) *et al.* **Projeto do Produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 408 p.

ROZENFELD, Henrique *et al.* **Gestão de desenvolvimento de Produtos** – uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006. 542 p.

SANTOS, M. F. R. F. dos. XAVIER, L. de S. PEIXOTO, J. A. A. **Estudo do indicador de sustentabilidade “Pegada Ecológica”**: uma abordagem teórico-empírica. São Paulo: Revista Gerenciais, v.7, n.1, p. 29-37. 2008

SCHWARZ, Mel *et al.* **Innovations in Materials Manufacturing, Fabrication, and Environment Safety**. CRC Press, 2011. 761 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Recycling** – From E-waste to Resources. Sustainable Innovation and Technology Transfer. Industrial Sector Studies. Julho, 2009

WIEDMANN, T. MINX, J. **A Definition of 'Carbon Footprint'**. In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends. Hauppauge NY: Nova Science Publishers, 2008. Capítulo 1, pp. 1-11

YIN, Robert K. **Estudo de caso** – planejamento e métodos. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p.