



# Ferramentas de Gestão Ambiental Competitividade e Sustentabilidade

Handson Cláudio Dias Pimenta

Reidson Pereira Gouvinhas  
(Organizadores)

**CEFET-RN**  
Editora

**HANDSON CLÁUDIO DIAS PIMENTA**  
**REIDSON PEREIRA GOUVINHAS**  
**(Organizadores)**

**FERRAMENTAS DE GESTÃO AMBIENTAL**  
Competitividade e Sustentabilidade

Natal/RN  
2007

**Presidente da República**

*Luiz Inácio Lula da Silva*

**Ministro da Educação**

*Fernando Haddad*

**Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica**

*Eliezer Moreira Pacheco*

**CEFET-RN**

**Diretor Geral**

*Francisco da Chagas de Mariz Fernandes*

**Diretor da Unidade Sede de Natal**

*Enilson Araújo Pereira*

**Diretor de Ensino**

*Belchior de Oliveira Rocha*

**Diretor de Pesquisa**

*José Yvan de Pereira Leite*

**Coordenador da Editora do CEFET-RN**

*Samir Cristino de Souza*

**FERRAMENTAS DE GESTÃO AMBIENTAL**  
Competitividade e Sustentabilidade

**HANDSON CLÁUDIO DIAS PIMENTA**  
**REIDSON PEREIRA GOUVINHAS**  
**(Organizadores)**

# FERRAMENTAS DE GESTÃO AMBIENTAL: Competitividade e Sustentabilidade

Copyright 2007 da Editora do CEFET-RN

Todos os direitos reservados

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora do CEFET-RN.

**Divisão de serviços Técnicos**  
**Catálogo da publicação na fonte.**  
**Biblioteca Sebastião Fernandes (BSF) – CEFET/RN**

FERRAMENTAS DE GESTÃO AMBIENTAL: Competitividade e Sustentabilidade / Handson Cláudio Dias Pimenta e Reidson Pereira Gouvinhas. - Natal: Editora do CEFET-RN, 2007.

163p.: il.

ISBN: 978-85-89571-33-3

1. Gestão Ambiental. 2. Sustentabilidade. 3. Competitividade. 4. Reciclagem.

I. Pimenta, Handson Cláudio Dias e. II. Gouvinhas, Reidson Pereira

CDD – 620

CEFET/RN/BSF

## EDITORAÇÃO

Samir Cristino de Souza

## DIAGRAMAÇÃO

Karoline Rachel Teodosio de Melo

## CAPA

Tânia Carvalho da Silva

## CONTATOS

Editora do CEFET-RN

Av. Sen. Salgado Filho, 1559, CEP 59015-000

Natal-RN. Fone: (0XX84) 4005-2668, 3215-2733

E-mail: [dpeq@cefetrn.br](mailto:dpeq@cefetrn.br)

# SUMÁRIO

<b>Prefácio</b> .....	07
<b>I. Ganho de Competitividade e Sustentabilidade em Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Norte através da Produção Mais Limpa</b> <i>Handson Cláudio Dias Pimenta</i> .....	10
1. Introdução.....	11
2. Origens da Produção mais Limpa.....	12
3. Conceitos e Abordagens da Produção mais Limpa.....	17
4. Barreiras na Implementação da Produção mais Limpa.....	21
5. Metodologia de Produção mais Limpa.....	23
6. Produção mais Limpa no Brasil e no Estado do Rio Grande do Norte	25
7. Considerações Finais.....	31
8. Referências.....	32
<b>II. Gestão Ambiental do Ciclo de Vida do Produto: a Ferramenta “Avaliação do Ciclo De Vida”</b> <i>Aldo Ometto e André Luiz Tachard</i> .....	36
1. Introdução.....	37
2. Gestão Ambiental.....	38
3. Avaliação do Ciclo de Vida.....	43
4. Conclusão.....	56
5. Referências Bibliográficas .....	56
<b>III. Design for Sustainability (D4S) in Europe and the Delft University of Technology</b> <i>M.A.C.M. Andrik and M.R.M Crul</i> .....	59
1. Introduction.....	60
2. What is D4S and Why is it important? .....	61
3. Developments in Europe.....	62
4. D4S drivers for Companies.....	66
5. D4S at the TU Delft.....	70
6. D4S in the future.....	71
7. Resources.....	71
<b>IV. Preocupações Ambientais no Desenvolvimento de Produtos</b> <i>Reidson Pereira Gouvinhas</i> .....	72
1. Evolução Histórica das Preocupações ambientais.....	73
2. O Desenvolvimento Sustentável e a Agenda 21 .....	75
3. A pressão sobre o Ramo Industrial que tange a aspectos ambientais .....	81

4. O meio ambiente como variável importante para o desenvolvimento de produtos .....	82
5. Projetos de produtos considerando-se aspectos ambientais (ecodesign) .....	89
6. Conclusão.....	113
7. Referências.....	113
8. Bibliografia.....	114
<b>V. Ecodesign: Métodos e Ferramentas</b>	
<i>Américo Guelere Filho e Daniele Cristina Antelmi Pigosso.....</i>	116
1. Introdução.....	117
2. Ecodesign .....	121
3. Referências Bibliográficas.....	133
<b>VI. A contribuição da Análise Ergonômica ao Projeto do Produto Voltado para a Reciclagem</b>	
<i>Rose Mary Rosa de Lima e Eduardo Romeiro Filho.....</i>	137
1. Introdução .....	139
2. Metodologia .....	142
3. Design for X .....	145
4. O projeto para desmontagem e o projeto para reciclagem .....	147
5. Estudo de Caso – Análise da Atividade de Desmontagem da Embalagem “PET” .....	151
6. Característica do Asmate .....	154
7. Conclusões .....	161
8. Referências Bibliográficas .....	163

## PREFÁCIO

Estes últimos 30 anos, que incluíram o último quarto do século XX e este início do século XXI, tem presenciado uma evolução radical na gestão empresarial, e na gestão do desenvolvimento tecnológico, através da incorporação de parâmetros de avaliação que relacionassem o desempenho econômico das atividades industriais com a sua influência no ambiente sócio-ecológico à sua volta.

Esta gestão ambiental, fundamentada neste novo fator de caracterização de competitividade das indústrias, compreende fundamentalmente a gestão do conhecimento dessa relação entre a indústria, o ambiente e a sociedade que envolve e da qual depende. Este conhecimento, que tem sido paulatinamente construído desde a revolução industrial, passou a ser uma exigência para a otimização das atividades econômicas. Por outro lado, esta maximização do desempenho econômico necessitava que fossem medidas novas variáveis de quantificação para a sua avaliação cientificamente precisa. Esta avaliação, por sua vez, possibilitava a ampliação do conhecimento sobre o efeito da indústria nessa envolvente sócio-ambiental, completando o ciclo do conhecimento na Gestão Ambiental.

Por outro lado, neste mesmo período a sociedade tem praticado padrões de consumo que tem significado um continuo crescimento do consumo de recursos. E nesse contexto, os setores produtivo e publico tem sido exigidos em termos de maiores índices de produção, de uso e de descarte dos produtos ao fim da sua vida útil, associado a um contínuo aumento da população e das necessidades dos novos produtos. A estratégia é alcançar a mesma capacidade funcional dos atuais produtos através da utilização de uma quantidade menor de recursos, principalmente por meio do conceito de economia cíclica que considere mudanças ecológicas e econômicas.

O conceito de Ecologia Industrial define um novo paradigma de produção industrial no qual o projeto de novos produtos e processos considera todo o seu ciclo de vida, desde o desenvolvimento, ao longo do uso até o reuso ou disposição final. Pretende-se, num contexto abrangente, a desmaterialização dos processos econômicos. Esta recuperação/minimização



dos recursos tem sido considerada como uma responsabilidade essencial nas atuais comunidades industriais, políticas e acadêmicas, definindo não somente uma obrigação desses diversos agentes de mudança nas sociedades, como também catalisando a criação de novos segmentos empresariais e novos setores de emprego nos serviços relacionados ao ciclo de vida.

Nesse contexto, a comunidade acadêmica apresenta-se como fundamental para prover os segmentos produtivos com ferramentas de gestão e profissionais aptos a lidarem com as novas tecnologias para o desenvolvimento de produtos sustentáveis no âmbito de uma engenharia do ciclo de vida.

Este livro “Ferramentas de Gestão Ambiental para Competitividade e Sustentabilidade”, preparado no Núcleo de Estudos em Sustentabilidade Empresarial do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET-RN, vem preencher uma importante lacuna no conhecimento necessário à evolução da sociedade humana nos atuais padrões de desenvolvimento e progresso.

O livro inicia com uma ampla discussão apresentada por Handson Pimenta sobre o ganho de competitividade e sustentabilidade em micro e pequenas empresas do RN através da produção mais limpa. A sua análise corrobora a expansão que diversas diretorias regionais do Senai demonstraram nas suas linhas de assistência relacionadas diretamente à Assessoria e Consultoria em Gestão Ambiental.

Em seguida, Aldo Ometto e André Luiz Tachard descrevem a gestão ambiental do ciclo de vida do produto, introduzindo a ferramenta da Avaliação do Ciclo de Vida. Esta técnica de diagnóstico de desempenho ambiental é a metodologia estabelecida pela ISO para a obtenção das declarações ambientais Tipo III, específicas para certificar ambientalmente as transações comerciais "*business to business*".

Após a apresentação dos conceitos de produção cíclica, Mark Andrik e Marcel Crul, da Delft University of Technology, discutem a prática do “Design for Sustainability” (D4S) no âmbito das atividades daquele grupo europeu.

Na sequência da apresentação dos casos práticos descritos pela DUT, Reidson Pereira Gouvinnhas descreve os principais conceitos que descrevem o

Ecodesign, discutindo a sua evolução histórica e a sua aplicação em diversas etapas do ciclo de vida de um produto.

O tema do Ecodesign é aprofundado por Americo Guelere Filho e Daniela Cristina Antelmi Pigosso, com a descrição mais específica de métodos e ferramentas para a sua aplicação no âmbito de uma abordagem pró-ativa de gestão ambiental com ênfase no desenvolvimento de produtos.

O livro finaliza com uma discussão do ecodesign aplicado à análise ergonômica do projeto do fim de vida de um produto. Os conceitos de ecodesign são explorados por Eduardo Romeiro Filho e Rose Mary Rosa de Lima em projetos de produtos que potencializem a sua reciclagem e/ou desmontagem ao fim da sua vida útil. Ao mesmo tempo, enfatizam a questão social associada ao fim de vida dos produtos, através de uma parceria com a Associação de Catadores de Papel, Papelão e Materiais Reaproveitáveis (Asmare-RN).

Este conjunto de conceitos e metodologias de diagnóstico propiciará ao leitor uma visão atual de todo um novo arsenal de indicadores de desempenho industrial, bem como o estado da arte do desenvolvimento dos seus respectivos métodos de aplicação ao design de produtos.

Nesse sentido, esta iniciativa do NESE-CEFET/RN tem sucesso absoluto quando apresenta contornos precisos da relação entre a gestão ambiental e a inovação tecnológica ambiental, abordando as questões complexas relacionadas à melhoria do desempenho ambiental das empresas (da companhia), bem como aquelas relacionadas à forma como as PMEs (Pequenas e Médias Empresas) podem participar desse processo de eco-gestão e inovação diante da pressão de um mercado cada vez mais globalizado e ambientalmente regulado.

Armando Caldeira-Pires

Professor Adjunto do Dept. de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília.

Diretor de Projetos do Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade de Brasília.

Coordenador da atividade “Estabelecimento de Metodologia Padrão e Desenvolvimento de Inventários de Ciclo de Vida” do Projeto “Inventário do Ciclo de Vida para a Competitividade da Indústria Brasileira”, financiado pelo MCT/Finep.

# **I. Ganho de Competitividade e Sustentabilidade em Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Norte através da Produção Mais Limpa**

**Handson Cláudio Dias Pimenta**

Engenheiro de Produção pela UFRN (2006); Tecnólogo em Meio Ambiente pelo CEFET-RN (2004); Mestrando em Engenharia de Produção pela (UFRN); Especialista em Gestão Ambiental pela UFRN (2007). Pesquisador do Projeto IFM – Instituto Fábrica do Milênio de Produção mais Limpa e Ecodesign. Docente do Curso Superior de Tecnologias em Gestão Ambiental das Disciplinas Sistema de Gestão Ambiental e Sustentabilidade Empresarial. Coordenador do Núcleo de Estudos em Sustentabilidade Empresarial. [handson@cefetrn.br](mailto:handson@cefetrn.br)

---

## **Resumo**

O presente artigo, consiste em uma pesquisa exploratória sobre a ferramenta de gestão ambiental, Produção Mais Limpa – PmL, abordando sua origem, conceitos, benefícios, metodologia, barreiras para a implementação e uma análise do ganho de competitividade através de sua aplicação em micro e pequenas empresas do Estado do RN (indústria moveleira, indústria de alimentos e indústria têxtil), no período de 2003 a 2006. Pelos resultados, foi observado que com a adoção de oportunidades de PmL, as empresas obtiveram uma otimização do processo produtivo, controle de aspectos ambientais significativos, desempenho ambiental pró-ativo e minimização dos custos operacionais. Com isso, foi evidenciado ganho de produtividade e fortalecimento para a competitividade e sustentabilidade com a utilização na PML em empresas do RN.

**Palavras-Chave:** Gestão Ambiental; Produção mais Limpa; Impactos Ambientais; Micro e Pequenas Empresas.

## **Competitiveness and sustainability profit in micro and small enterprises from State of Rio Grande do Norte through Cleaner Production**

### **Abstract**

The actual paper consists of an exploratory research about the management environmental tool, Cleaner Production - CP, approaching its origin, concepts, benefits, methodology, barriers for the implementation and an analysis of the competitiveness profit through its application in micro and small enterprises from State of Rio Grande do Norte (furniture wooden, food and textile industry), from 2003 to 2006. By the results, it was observed that with the adoption of CP opportunities, the companies had gotten a productive process improvements, significant environmental aspects control (inputs and outputs), pro-active environmental performance and decrease of the operational costs. Thus, it was evidenced that the productivity profit and strengthening for competitiveness and sustainability with the CP use in companies of RN.

**Key-words:** Environmental Management; Cleaner Production; Environmental Impacts; Micro and Small Enterprises.

## 1. INTRODUÇÃO

A natureza dos problemas ambientais é parcialmente atribuída à complexidade dos processos industriais utilizados pelo homem. Todo produto, não importa de que material seja feito ou finalidade de uso, provoca um impacto no meio ambiente, seja em função de seu processo produtivo, das matérias-primas que se consome, ou devido ao seu uso ou disposição final (CHEHEBE, 1997, p. 9).

A atividade industrial, por muito tempo, tida como impactante começa a despontar para um cenário de alternativas racionais de gestão, em que a variável ambiental insere-se sem, contudo, frear o seu desenvolvimento e sua própria sustentabilidade. Assim, as empresas vêm integrando em suas estratégias a proteção e conservação ambiental, tornando-se estas variáveis ou fatores direcionadores de todas as outras estratégias.

Este cenário vem de encontro a um processo de mudança da conscientização, comportamento e atitude ambiental, o qual teve sua origem após a Conferência de Estocolmo, realizada em 1972 na Suécia, que firmou a base para um novo entendimento a respeito das relações entre o meio ambiente e o desenvolvimento. Inerente a este processo, vale destacar a exigência de estudos de impactos ambientais para as obras financiadas com recurso do Banco Mundial, a evolução da Legislação Ambiental, mudanças na consciência do mercado consumidor relacionadas com os problemas ambientais, surgimento e atuação de Organizações Não-Governamentais e a instalação de mecanismos de controle ambiental *end-of-the-pipe-control* (PIMENTA, 2004, p. 11-14).

Nessa conjuntura, a Produção mais Limpa (PmL), aponta como uma ferramenta favorável a atuação das empresas de forma preventiva em relação aos seus aspectos ambientais, através da minimização de impactos associados à minimização de custo e otimização de processos, recuperação e otimização do uso de matérias-primas e energia, tendo de forma geral ganho de produtividade e sustentabilidade.

A PmL é entendida como uma estratégia preventiva, integrativa e continuada, aplicada a serviços, processos e produtos, a qual busca uma redução de riscos ao homem e a natureza.

Assim, o presente artigo consiste em uma pesquisa exploratória sobre a temática da Produção mais Limpa, com objetivo geral de contribuir para síntese do conhecimento existente, abordando origem, conceitos, benefícios, barreiras para a implementação e sua aplicação no Estado do Rio Grande do Norte, no recorte temporal de 2003 a 2006.

## 2. ORIGENS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

A Produção mais Limpa tem suas origens, segundo Barbieri (2004, p. 119-120), nas propostas correlatas estimuladas pela Conferência de Estocolmo de 1972, como o conceito de tecnologia limpa (*clean technology*), um conceito de tecnologia que deveria alcançar três propósitos distintos, porém complementares: lançar menos poluição ao meio ambiente, gerar menos resíduos e consumir menos recursos naturais, principalmente os não-renováveis. Proposto pela Comissão da Comunidade Econômica Européia em meados década de 1970, esse conceito referia-se a qualquer tecnologia que pudesse reduzir a poluição e economizar recursos.

Destaca-se que a necessidade de investigar todos os tipos de resíduos afim de proteger o meio ambiente e conservar os recursos naturais tem impulsionado a implementação de estratégias de controle preventivo da poluição. O objetivo desta estratégia é parar a produção de poluentes antes que eles sejam gerados e atingir melhorias sustentáveis, envolvendo não apenas a conservação dos recursos naturais e materiais, mas também a prevenção de acidentes e evitando exposições de materiais tóxicos e perigosos (GLAVIC, LUKMAN, 2006, p.1882).

A partir dessa concepção, vários modelos de controle ambiental preventivo começaram a surgir, merecendo destaque os modelos: Produção Limpa (PL) do *Greenpeace* e Prevenção da Poluição (P2) da *Environmental Protection Agency – EPA*.

O modelo da organização ambientalista não-governamental *Greenpeace*, Produção Limpa (PL) foi proposto nos anos 80, buscando definir um sistema de produção industrial que incorporasse a variável ambiental em todas as fases produtivas (CARDOSO, 2004, p. 34)

Segundo a Fundação Vanzolini (1998, p. 11), o modelo leva em conta também:

- auto-sustentabilidade de fontes renováveis de matéria-prima;
- redução no consumo de água e energia;
- prevenção da geração de resíduos tóxicos e perigosos na fonte de produção;
- reutilização e reaproveitamento de materiais por reciclagem de maneira atóxica e energia eficiente;
- geração de produtos de vida útil longa, seguros e atóxicos, para o homem e meio ambiente, cujos restos (incluindo embalagens) tenham reaproveitamento atóxico;
- reciclagem (na planta industrial ou fora dela) de maneira atóxica como alternativa para as opções de manejo ambiental representadas por incineração e despejo em aterros.

A Produção Limpa questiona a necessidade real do produto ou procuram outras formas pelas quais essa necessidade poderia ser satisfeita ou reduzida (GREENPEACE, 1997, p. 2; THORPE, 1999, p. 3).

Segundo Furtado; Furtado (2004, p. 320), a essência da PL consiste na visão do sistema global de produção, aplicação dos princípios fundamentais – precaução, prevenção, integração e controle democrático e responsabilidade continuada do produtor.

Thorpe (1999, p. 6-8) aponta 10 razões para promover a Produção Limpa:

- Os recursos estão sendo devastados, envenenados e desperdiçados;
- A geração de resíduos continua aumentando;
- A maioria dos produtos químicos são desregulados;
- O sistema de transporte precisa ser radicalmente repensado;
- O mundo está inserido em um modelo de produção e consumo perigoso;

- Os próprios produtos oferecem freqüentemente um maior risco tóxico.
- As pessoas estão envolvidas na cadeia de produção como trabalhadores, consumidores e contribuintes;
- É necessário ajustar as prioridades incrementando-a para o que nós queremos, não apenas o que não queremos;
- A produção limpa apóia sistemas de produção local e regional;
- Construir a solidariedade internacional irá aumentar responsabilidade das empresas.

Greenpeace (1997, p. 4) apresenta 4 critérios para um produto ou processo, bem como para o ciclo de vida dentro do conceito de Produção Limpa, sendo eles:

<b>Crítérios da Produção Limpa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Os sistemas de Produção Limpa para alimentos e produtos manufaturados são:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- não-tóxicos;</li> <li>- eficientes no uso de energia;</li> <li>- feitos usando materiais renováveis, rotineiramente reaproveitados e extraídos de forma a manter a viabilidade do ecossistema e da comunidade da qual foram extraídos; ou</li> <li>- feitos de materiais não-renováveis, mas passíveis de reprocessamento de forma não-tóxica e eficiente em termos de energia.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Os produtos são:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- duráveis e reutilizáveis;</li> <li>- fáceis de desmontar, reparar e remontar;</li> <li>- mínima e adequadamente embalados para distribuição, usando materiais reutilizáveis ou reciclados e recicláveis;</li> <li>- redução dos impactos ambientais, na saúde e segurança durante todo o ciclo de vida do produto.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acima de tudo, os sistemas de Produção Limpa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- não são poluentes em todo seu ciclo de vida útil;</li> <li>- preservam a diversidade na natureza e na cultura;</li> <li>- garantem às gerações futuras a satisfação de suas necessidades.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>O ciclo de vida útil inclui</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fase de projeto de produto/tecnologia;</li> <li>- fase de seleção e produção de matéria prima;</li> <li>- fase de fabricação e montagem de produto;</li> <li>- fase de distribuição e comercialização;</li> <li>- fase de uso do produto pelo consumidor;</li> <li>- gerenciamento social dos materiais ao fim da vida útil do produto.</li> </ul> </li> </ul>

**Quadro 01:** Critérios da Produção Limpa. Fonte: Greenpeace (1997, p. 4)

Nesse contexto, o conceito proposto pelo *Greenpeace* (Produção Limpa) é mais restritivo do que o conceito utilizado pela *United Nations Industrial Development Organization* – UNIDO e *United Nations Environment Programme* – UNEP (Produção Mais Limpa). Enquanto a Produção Limpa propõe produtos atóxicos e o uso de fontes de energia renováveis, bem como avalia a real

necessidade do produto, a Produção mais Limpa estimula a redução da toxicidade e o uso mais eficiente dos insumos, entre eles matéria-prima, água e energia.

Já o Programa da EPA descreve procedimentos para minimização de resíduos industriais no processo de manufatura. Trata-se de uma política ambiental pública com o objetivo de fazer com que as indústrias possam cumprir a legislação Norte-americana, conhecida como CERCLA - *Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liabilities Act* - ou *Superfund*, de acordo com o *Resource Conservation and Recovery Act* – RCRA. Estes procedimentos foram descritos em 1988, na publicação da EPA denominada *Waste Minimization Opportunity Assessment Manual* (ANDRES, 2001, p. 26; FUNDAÇÃO VANZOLLINI, 1998, p. 6; CNTL, 2003, p. 13).

Este manual teve o mérito de estimular atitudes voluntárias, de parte das indústrias que estão fora do alcance da legislação dos EUA. Destaca-se que as indústrias dispõem de financiamentos governamentais para minimização de resíduos (FUNDAÇÃO VANZOLLINI, 1998, p. 6 e p. 12).

Prevenção da Poluição, segundo a EPA, consiste em reduzir ou eliminar os resíduos na fonte, modificando os processos de produção, reformulando ou re-projetando produtos, promovendo o uso de substâncias menos ou não tóxicas, implementando técnicas de conservação, e reutilizando materiais, em vez de colocá-los no fluxo de resíduos (US – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-A).

A P2 também engloba a redução do risco à saúde pública e ao meio ambiente associado com o lançamento de substâncias, poluentes ou contaminantes (US – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-B).

As diferenças entre os modelos “Prevenção da Poluição” e “Produção mais Limpa” são pequenas. Segundo a UNEP, as diferenças são atribuídas a questões de localização geográfica, conforme observa-se a seguir:

Os termos Produção Mais Limpa e prevenção da poluição são frequentemente utilizados de forma intercambiáveis. A distinção entre os dois tende a ser geográfico - o termo prevenção da poluição tende a ser usado na América do Norte, enquanto a Produção Mais Limpa é usado em outras partes do mundo (...) (UNEP, 2006, A).



Ambos, Produção mais Limpa e Prevenção da Poluição incidem sobre uma estratégia de redução da poluição e de controle do impacto ambiental através da redução fonte, em vez do fim do processo (*End-of-the-pipe-control*). Logo, tratamento dos resíduos não se enquadra na definição desses modelos, um vez que não impede a geração.

Desta forma, a PmL surge como uma abordagem intermediária entre Produção Limpa e Prevenção da Poluição e inclui processos mais simples, não necessariamente requerendo a implementação de tecnologias de ponta, podendo atingir um número maior de organizações, que não detêm o desenvolvimento tecnológico. Esse modelo que prioriza a prevenção, revelou-se como uma importante ferramenta para diminuição dos impactos no meio ambiente, utilizando-se de recursos mais factíveis para a realidade das organizações (CNTL, 2003, p. 31).

Esta ferramenta de gestão, tem suas origens, quando, no início dos anos 80, o UNEP começou a receber, no seu Escritório da Indústria e Meio Ambiente, localizado em Paris, informações das indústrias de vários países que tinham modificado seus processos de produção, reduzindo desperdícios de matérias primas e energia, e reduzindo a geração de resíduos e poluição que deveriam ser tratados. O retorno dos investimentos necessários à modificação dos processos de produção acontecia invariavelmente em poucos meses, resultando em consideráveis lucros para estas indústrias. Com isso, o UNEP resolveu criar um banco de dados sobre tecnologias industriais mais Limpas, e começou a publicar relatórios para divulgar estas experiências bem sucedidas (SEBRAE-RJ, 2007).

Assim, em 1989, baseado na experiência acumulada no seu Banco de Dados sobre Tecnologias Industriais mais Limpas, o UNEP lança mundialmente o Programa de Produção Mais Limpa (SEBRAE-RJ, 2007).

Os esforços iniciais do programa objetivavam o fortalecimento de parcerias e incentivos para promover o conceito de PmL em escala mundial, através de troca de informações, capacidade de execução e assistência técnica (UNIDO, 2002, p. 8).

Desta forma, em 1994, a UNIDO e UNEP iniciaram juntamente o programa mundial dos Centros de Produção mais Limpa. A UNIDO é

responsável pela administração global, a articulação local e a provisão de competência técnica industrial, especialmente para demonstrações setoriais. Ambas UNIDO e UNEP estão também fornecendo análises de estratégias ambientais, treinamento, informação e política (UNIDO, 2002, p. 9).

Um total de 24 centros foi estabelecido nos seguintes países, desde 1994: Brasil, China, Costa Rica, República Checa, El Salvador, Etiópia, Guatemala, Hungria, Índia, Kenya, Coreia, Líbano, México, Marrocos, Moçambique, Nicarágua, República Eslovaca, África do Sul, Sri Lanka, Tanzânia, Tunísia, Uganda, Vietnam, e Zimbábue (UNEP - B).

### 3. CONCEITOS E ABORDAGENS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

De acordo com UNIDO (2002, p. 12), a PmL consiste em uma estratégia preventiva e integrativa, que é aplicada a todo ciclo de produção para fazer: a) aumentar a produtividade, assegurando um uso mais eficiente da matéria-prima, energia e água; b) promover melhor desempenho ambiental, através da redução de fontes de desperdícios e emissão; c) reduzir impacto ambiental por todo ciclo de vida de produto através de um desenho ambiental com baixo custo efetivo.

Já para UNEP (C), a PmL é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência global e reduzir riscos aos seres humanos e ao meio ambiente. A produção mais limpa pode ser aplicada aos processos usados em toda a indústria, aos próprios produtos e aos vários serviços fornecidos à sociedade. Abaixo, têm-se as características das aplicações potenciais da PmL.

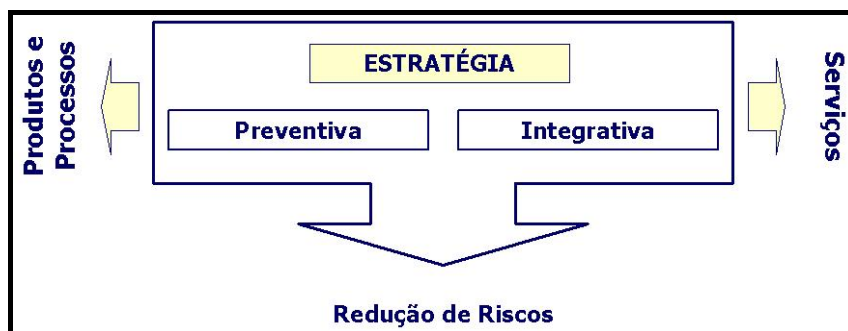
<b>Aplicação Potenciais</b>	<b>Características</b>
Processos de produção	- Conservação de matérias-primas, água e energia; - Eliminação de matérias-primas tóxicas e perigosas; e - - Redução da quantidade e da toxicidade de todas as emissões e desperdícios na fonte durante o processo produtivo
Produtos	- Redução dos impactos ambientais, na saúde e segurança durante todo o ciclo de vida do produto
Serviços	- Incorporação de uma preocupação ambiental no planejamento e prestação de serviços.

**Quadro 02:** Características das aplicações potenciais da Produção mais Limpa.  
Fonte: UNEP (C).

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas do Brasil utiliza uma definição influenciada pelos conceitos da UNIDO e UNEP, conforme observa-se, a seguir:

Produção mais Limpa é a aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos (SENAI, 2004, p. 10).

De forma geral, vale destacar alguns elementos chaves formadores do conceito de PmL, sendo eles: Estratégia, Prevenção, Integração e Redução de Risco. Desta forma, pode-se considerar a PmL como uma Ferramenta de Gestão Ambiental aplicada a partir de uma estratégia preventiva e integrativa, tanto para serviços quanto para processos e produtos, de forma a se reduzir os riscos ambientais e ao homem (Figura 01).



**Figura 01:** Representação esquemática do conceito da Produção mais Limpa.

Contudo, a PmL encerra um conceito de melhoria contínua, visando tornar o processo produtivo cada vez menos agressivo ao meio ambiente. Portanto, o que existe são processos produtivos mais limpos do que outros (LEMOS, 1998, p. 18).

A preocupação de ter um marco teórico da Produção mais Limpa, parte de um entendimento errôneo em pensar que a PmL requer grandes mudanças tecnológica que acarretam em custos adicionais, ser uma ferramenta meramente de controle ambiental tradicional, bem como ser uma fase posterior à implementação de um sistema de gestão.

A PmL pode ser adotada em qualquer setor de atividade a partir de uma análise técnica, econômica e ambiental detalhada do processo produtivo, objetivando a identificação de oportunidades que possibilitem melhorar a eficiência, sem acréscimo de custos para a empresa (SILVA; MEDEIROS, 2006, p.413; CETRIC AUSTRIA, 2005, p. 14).

A PmL inclui tanto uma condição para atingir melhorias ambientais no processo e desenvolvimento de produtos, e uma contribuição para uma maior sustentabilidade do mundo (GLAVIC, LUKMAN, 2006, p. 1879).

Esta ferramenta de gestão, segundo Medeiros *et. al.* (2007, p. 110), está respaldada no fato de que o meio mais eficaz em termos de custos ambientais para a redução da poluição é analisar o processo na origem da produção e eliminar o problema na sua fonte.

Assim, a PmL busca analisar como uma operação está sendo realizada e detectar em quais as etapas desse processo as matérias-primas insumos e energia estão sendo desperdiçadas, o que permite uma otimização e melhorias, evitando desperdícios.

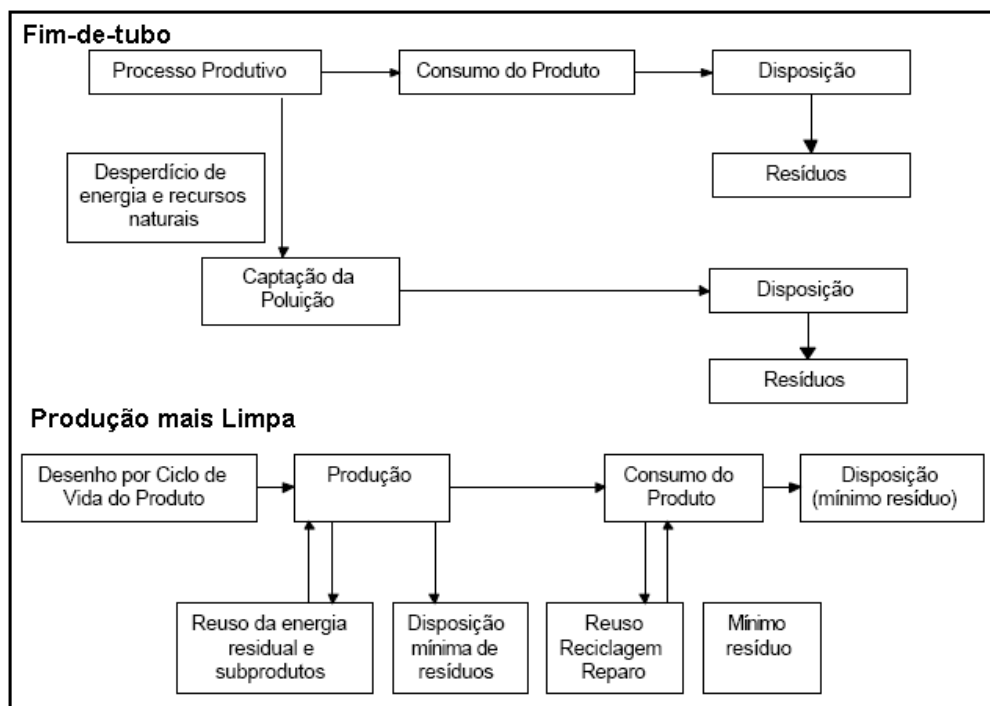
UNIDO e *Danish Environmental Protection Agency* (2007, p.3) apresentam oito motivos para investir na Produção mais Limpa:

- melhoria ao produto e aos processos;
- economia de matérias-primas e energia, assim reduzindo custos de gastos de produção;
- aumento da competitividade através do uso de tecnologias novas e melhoradas;
- preocupação reduzida sobre a legislação ambiental;
- redução responsabilidade associada com o tratamento, armazenamento e disposição dos resíduos perigosos;
- melhoria da saúde, a segurança e a moral dos empregados;
- melhoria a imagem de companhia;
- redução dos custos de soluções de fim de tubo.

Enquanto as técnicas de “fim-de-tubo”, isto é de controle da poluição, apresentam uma postura reativa, buscando atender a legislação e as pressões da comunidade, bem como utilizando ações remediativas (os resíduos são

gerados, tratados e dispostos) e encarando a gestão ambiental como custo adicional, a PmL é uma ação preventiva, que visa evitar ou diminuir a formação do resíduo durante o processo produtivo. Quando uma organização adota os princípios da PmL, está tentando buscar tecnologias que substituam os tratamentos convencionais de “fim-de-tubo” por modificações no processo produtivo focadas na prevenção e controle de poluição na fonte (BARBIERI, 2004, p. 103-104; SILVA; MEDEIROS, 2006, p.412).

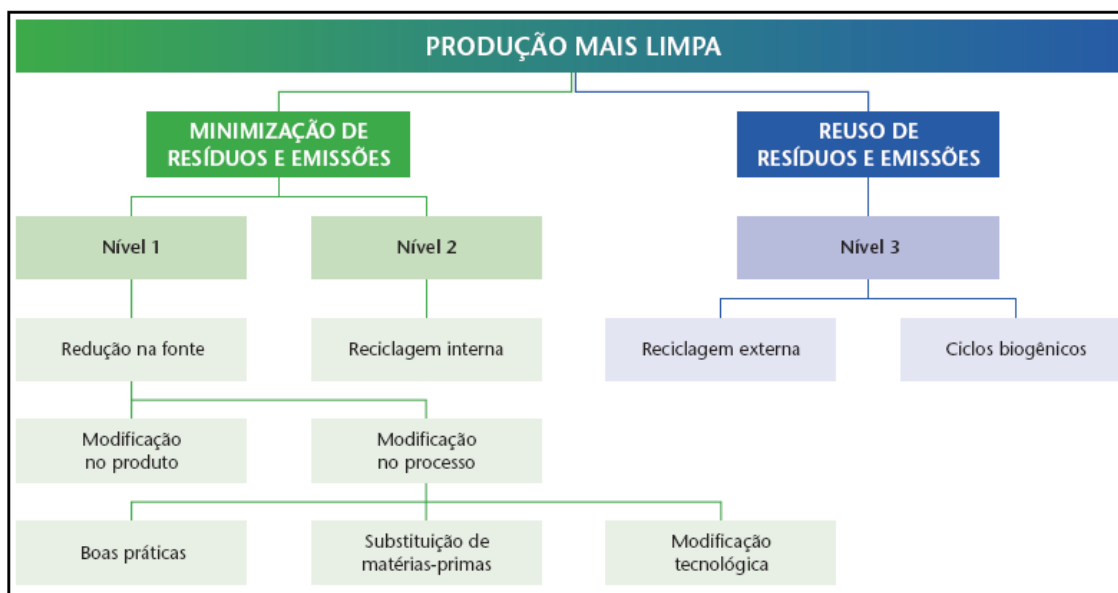
Segundo Christie (1995) *apud* Lemos (1998, p. 21), a mudança de um paradigma “fim-de-tubo” para um paradigma de PmL envolve o repensar dos sistemas gerenciais, bem como do desenho de produtos e processos industriais conforme pode ser visto na Figura a seguir:



**Figura 02:** Fim-de-tubo e a Produção mais Limpa.  
 Fonte: Christie (1995) *apud* Lemos (1998, p. 21),

A Produção mais Limpa prioriza os esforços dentro de cada processo isolado, colocando a reciclagem externa entre as últimas opções a se considerar. Busca-se maximizar as intervenções no processo, com vistas à economia de matérias-primas e à minimização dos resíduos (ALMEIDA; GIANNETTI, 2006, p. 13).

A prioridade da Produção mais Limpa está dividida em três níveis (Figura 03). O primeiro é marcado pela Redução na Fonte, através de medidas que visem evitar a geração de resíduos, efluentes e emissões. A mudança de produto é uma abordagem importante, entretanto só ocorrerá, quando após as medidas mais simples terem sido esgotadas, ainda que, às vezes, seja de difícil realização. Os resíduos que não podem ser evitados devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa (Nível 2 – Reciclagem Interna). Essa opção não sendo possível, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser adotadas (Nível 3) (CNTL, 2003, p. 8-11).



**Figura 03:** Níveis de Aplicação dos Programas de Produção mais Limpa.  
Fonte: CEBDS.

#### 4. BARREIRAS NA IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Quanto às barreiras, UNEP (D) apresenta uma classificação em Financeira, Econômica, Política, Organizacional, Técnica e Conceitual, conforme observa-se no Quadro 02.

De acordo com Figueiredo (2004, p. 5191), em seu trabalho em micro e pequenas empresas do Estado de Sergipe, a falta de recurso financeiro é uma das barreiras mais representativas para o sucesso da implementação de PML e

em geral, destaca-se que não são grandes quantias. E ainda, o comportamento e educação das pessoas envolvidas na organização foram outras barreiras encontradas.

A questão financeira também é apontada por outros autores, no caso: na indústria petrolífera (CAMPOS, RABELO E SANTOS, 2005, p. 6) e na indústria têxtil (MOURA ET AL, 2005, p. 2).

<b>Classificação</b>	<b>Descrição das Barreiras</b>
Financeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto custo de capital externo para investimentos na industria;</li> <li>• Falta de mecanismos de financiamento apropriados para produção mais limpa (esquemas de empréstimos);</li> <li>• Percepção que investimentos em PmL representa um alto risco devido a natureza inovadora da PmL;</li> <li>• PmL não avaliada adequadamente pelos fornecedores de créditos nos seus procedimento de avaliação para empréstimos, participação igualitária, etc.</li> </ul>
Econômica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investimentos em PmL não são custos suficientemente eficazes comparado com outras oportunidades;</li> <li>• Imaturidade dos cálculos de custo interno e práticas de alocação de custos das organizações;</li> <li>• Imaturidade nos orçamentos internos e procedimentos de alocação de capital.</li> </ul>
Política	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foco insuficiente da PmL no maio ambiente, tecnologia, desenvolvimento e estratégias da indústria e comércio;</li> <li>• Imaturidade da estrutura da política ambiental (incluindo falta da aplicação).</li> </ul>
Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de liderança nos assuntos ambientais;</li> <li>• Percepção da gestão de risco relacionado com a PmL (por exemplo, não existe incentivos para os gestores colocar seus esforços na implementação da PmL;</li> <li>• Imaturidade na função da gestão ambiental nas operações da organização;</li> <li>• Imaturidade da estrutura organizacional, gestão e sistema de informação da organização;</li> <li>• Experiência limitada de trabalhadores envolvidos e projetos</li> </ul>
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausência de uma base operacional sólida (com práticas de produção bem estabelecidas e esquemas de produção);</li> <li>• Complexidade da PmL (por exemplo, necessidade de avaliações compressivas para identificar oportunidades de PmL);</li> <li>• Acesso limitado de equipamentos de apoio para PmL (Por exemplo, pequenos equipamentos de alta qualidade para processar instrumentação);</li> <li>• Acesso limitado de informações técnicas confiáveis adaptadas as necessidades e capacidade assimilativa das organizações</li> </ul>
Conceitual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indiferença: percepção relacionada com o próprio papel na contribuição da melhoria ambiental;</li> <li>• Interpretação limitada ou equivocada conceito da PmL;</li> <li>• Resistência para mudanças.</li> </ul>

**Quadro 03:** Barreiras de Implementação de PML.

Fonte: UNEP (D)

No estudo de Pimenta e Gouvinhas (2005, p. 4) sobre identificação de oportunidades de PML em uma indústria moveleira em Natal-RN, as principais barreiras encontradas na implementação de PML foram:

- Concentração de poder de decisão: o dono da empresa também exercia os cargos de diretor executivo e gerente de produção, assim, todas as decisões eram tomadas por ele, o que gera também falta de liderança e iniciativa pelos funcionários.
- Sistema de gerenciamento inadequado ou ineficiente. Planejamento de produção “Ad hoc”: O plano de produção é preparado em uma base diária.
- Falta de sistemas para promoção e capacitação profissional.

De forma geral, vale destacar, a existência de uma grande relutância para a prática da Produção Mais Limpa. Os maiores obstáculos ocorrem em função da resistência à mudança; da concepção errônea (falta de informação sobre a técnica e a importância dada ao ambiente natural); a não existência de políticas nacionais que dêem suporte às atividades de produção mais limpa; barreiras econômicas (alocação incorreta dos custos ambientais e investimentos) e barreiras técnicas (novas tecnologias) (MOURA ET AL, 2005, p.2).

## **5. METODOLOGIA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

A metodologia difundida no Brasil pelo CNTL/SENAI-RS está dividida em 5 (cinco) etapas. Em cada uma dessas etapas, existem passos que devem ser seguidos, a fim de que os objetivos sejam alcançados e que o processo de implementação de PML tenha êxito, quais sejam (CNTL, 2003, p. 16-20).:

***1ª etapa: planejamento e organização - convencer a gerência e os colaboradores da necessidade de produção mais limpa.***

- Obter a participação e o compromisso da alta gerência;
- Informar à gerência e aos empregados dos objetivos da avaliação da PmL;
- Formação da equipe do projeto;



- Gerar os recursos financeiros e humanos necessários para a implementação de PML;
- Identificar e estabelecer contato com as fontes de informação;
- Estabelecer os objetivos de PML;
- Superar as barreiras.

***2ª etapa: pré-avaliação - selecionar o foco para a fase de avaliação.***

- Obter o desenvolvimento do fluxograma do processo;
- Obter o estabelecimento do foco para a fase de avaliação;
- Suprimento de dados para se efetuar a comparação do “antes-e-depois”;
- Identificar opções óbvias de PML a baixo custo ou nenhum.

***3ª etapa: avaliação - Desenvolver um conjunto amplo de opções de produção mais limpa e identificar as opções que podem ser implementadas imediatamente e as que necessitam de análises adicionais mais detalhadas.***

- Originar e checar os balanços materiais (também chamado de balanço de massa);
- Obter uma compreensão detalhada das fontes e causas da geração de resíduos e emissões;
- Gerar um conjunto abrangente de opções de PML, listadas em ordem de prioridade.

***4ª etapa: estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental - Subsidiar de dados econômicos e analisar a viabilidade das opções de PML.***

- Seleção das opções viáveis;
- Documentar os resultados esperados para cada opção.

***5ª etapa: implementação - Implementar as opções de PML selecionadas e assegurar atividades que mantenham a PML.***

- Implementação das opções viáveis de PML;
- Monitoramento e avaliação das opções implementadas;
- Planejamento das atividades que asseguram a melhoria contínua com PML.

## **6. PRODUÇÃO MAIS LIMPA NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Em julho de 1995, foi instalado no Brasil a primeira rede de informação em PmL da América do Sul. O CNTL foi hospedado pelo sistema da Confederação Nacional das indústrias (CNI), no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) do Rio Grande do Sul. Este centro passou a difundir práticas de PmL auxiliando as empresas a realizar projetos de prevenção da poluição, capacitando pessoal, difundindo informações e estabelecendo mecanismos de cooperação.

Segundo RMAI (2006), o governo brasileiro, aderiu em 2003 e assinou em 2005 a Declaração Internacional de Produção mais Limpa. Esta Declaração representa o compromisso das organizações com a produção sustentável e prevê também o estabelecimento de uma política e de uma estratégia nacional de PmL.

No momento, estão sendo implantados Núcleos Regionais de P+L junto às Federações das Indústrias dos Estados brasileiros. Esta iniciativa está sendo coordenada pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e foi formalizada através da assinatura de Protocolo de Intenção de Cooperação Mútua entre CNI, CEBDS, BNDES, SENAI, SEBRAE e FINEP.

No Rio Grande do Norte, o CNTL/SENAI-RS, em 2003, em parceria com o SEBRAE-RN, formou a 1º turma de consultores em PML. O resultado final culminou na aplicação da metodologia em 6 empresas do Estado. De acordo com dados do Núcleo Potiguar de Econeócios, nessas 6 empresas, os investimentos necessários para implementação do programa foram pouco mais de 21.000 Reais e o retorno ultrapassou 150 mil, em um horizonte de 1 ano. Os benefícios ambientais, no tocante, traduzem em otimização do uso de materiais, redução do consumo de água e minimização do risco de contaminação, conforme observa-se na Tabela 01:

**Tabela 1:** Implementação da PML no Estado do RN em 2003/2004. Fonte: [16].

<b>Setor Aplicado</b>	<b>Investimento (R\$)</b>	<b>Benefício Bruto (R\$)</b>	Benefício Ambiental
Indústria de Água Mineral	505,00	40.374,00	Redução do consumo de água (17.294 m <sup>3</sup> ) e Redução no consumo de soda caustica (50%)
Indústria de Panificação	1.030,00	1.082,85	Redução de risco de contaminação dos produtos
Indústria de Abates de Aves	1.990,00	45.014,00	Redução do consumo de água (3.695 m <sup>3</sup> ) e Recuperação do sangue (79.200 Kg)
Indústria de Laticínios	140,00	673,00	Redução consumo de água (32%) e Minimização do risco de contaminação dos produtos
Indústria de Polpa de Frutas	9.000,00	12.066,00	Redução do consumo de água (342 m <sup>3</sup> ) e Aproveitamento do composto orgânico (60 t)
Indústria de Produtos de Plásticos e Fibra de Vidro	8.600,00	51.168,31	Melhor aproveitamento da resina e fibra (7.098 Kg) e Redução na emissão de solventes (3.648 L)
Total	21265,00	150.378,16	-

Fonte: SEBRAE-RN, 2005.

No período de 2004/2005, um grupo de consultores formados e colaboradores (MOURA ET AL, 2005), através do SEBRAE-RN, implementaram a PML em 16 indústrias têxteis de Jardim de Piranhas. A indústria têxtil é umas das atividades mais importantes do referido município, como mais de 5000 teares. Quanto aos impactos ambientais atrelado a essa atividade, vale destacar: grande desperdício de matéria-prima; baixa produtividade, ou seja, subutilização da mão de obra; a potencial geração de resíduos sólidos. Dentre as etapas de maior potencial de geração observadas nas 16 empresas, estão as etapas de tecelagem e corte do tecido, gerando um montante significativo de pêlos (14,5 t/ano) e buchas (25,3 t/ano), o que representa um desperdício na ordem de R\$ 94.332,23 e 164.988,01 por ano, respectivamente, perfazendo um total de R\$ 259.320,24 por ano(Originam-se: a de fiação, dos fios que não foram tecidos; e a de tecelagem: são das sobras de fio, não aprovadas na produção), e retalhos (Originam-se do corte). As medidas implementadas, as quais tiveram um investimento de R\$ 18.400, foram:

- Realização de uma limpeza simplificada nos teares, e de todo o piso (vassouras de pêlo) da área de tecelagem diariamente, ao final do expediente, garantindo um ambiente de trabalho limpo e agradável;
- Realização de uma limpeza geral do ambiente de trabalho, aos sábados, bem como a máxima limpeza possível, dos teares, mesmo que com o rolo do urdume sendo tecido;
- Realização de uma limpeza detalhada em todo o tear, sempre que se terminar uma barcada;
- Controle da lubrificação simplificada dos teares, diariamente;
- Realização de uma lubrificação completa em todo o tear, sempre que se terminar a barcada, logo após a limpeza;
- Implantação de alguns programas de boas práticas no manuseio, lubrificação aos tecelões (SEBRAE-RN);
- Aquisição de compressores/ aspiradores (Tipo: 140 lbs / pol- 2 cilindros – reservatório 100lts – Motor 2 HP), para realizar a limpeza dos teares diariamente.

Tais medidas alcançaram, de forma geral: redução do número de horas de máquina parada, na manutenção corretiva; da geração de pêlos e buchas na tecelagem; Reutilização e/ou comercialização dos subprodutos pêlo e bucha gerados; conseqüentemente, a minimização dos impactos causados ao meio ambiente decorrentes do excessivo montante de resíduos sólidos gerados na tecelagem.

Vale destacar também no período de 2004/2005, uma intervenção de PML na indústria moveleira de pequeno porte, efetuada por Pimenta e Gouvinhas (2005). Foi observado que uma das etapas com aspectos críticos era desenvolvida na cabine de pintura que tinha como aspectos ambientais significativos o consumo excessivo de substâncias químicas, geração de resíduos sólidos perigosos e vazamento (o qual espalhava poeiras químicas para toda área de produção). Nesse estudo, vale mencionar outros problemas estruturais, desestruturação do arranjo físico, re-trabalho de algumas peças, movimentações longas, culminando em elevado lead-time, entre outros.

Nesse contexto, foram implementadas as seguintes ações: controle de aspectos ergonômicos\* e padronização da dosagem de substâncias químicas\*;

manejo adequado de Substâncias químicas\* (Figura 04); Uso de Pistolas de 40 Lbs; aquisição de substâncias químicas em maiores volumes, adaptação da cabine de pintura (Isolamento, as paredes foram pintadas de branco para otimizar a iluminação). Essas medidas levaram a indústria, a redução na ordem de 15% do consumo de substâncias químicas e 20% de resíduos perigosos, além de reduzir os riscos de comprometimento da saúde do trabalhador.

Merece ser destacado a implementação do adensamento da produção em um único galpão, através de um arranjo do tipo celular (Figura 05). Antes a empresa tinha 2 galpões, com máquinas distribuídas ineficientemente, acarretando em elevados tempos de movimentação. Com a medida, estoques excessivos de matéria-prima também foram eliminados, além da redução do tempo de movimentação. Observa-se, assim, ganhos de produtividade, e um aspecto social positivo, o galpão desinstalado passou a ser utilizado como uma quadra de futebol, gerando envolvimento da comunidade e também renda, através do aluguel da quadra.



**Figura 04:** Medida de Boas Práticas Adotada no Manejo de Substâncias Químicas. Ganho na produtividade de funcionário e na eliminação de riscos ergonômicos. Fonte: Pimenta e Gouvinnhas, 2005.



**Figura 05:** 1 – Área do Galpão Desinstalado (ao centro estoque de madeira) (Situação “antes”), 2 – Armazém de madeira, estoque mínimo (JIT), 3 – Quadra de Futsal instalada no galpão desativado (2 e 3 “depois”). Fonte: Pimenta e Gouvinhas, 2005.

No Estudo de Pimenta e Gouvinhas (2007) na indústria de panificação, as oportunidades identificadas foram para atuar na baixa eficiência na utilização de recursos naturais água, energia e materiais e geração de resíduos sólidos.

Foi evidenciada uma perda significativa de produtividade, em virtude de falhas na dosagem de água. Não existia mensuração da água, sendo utilizado um procedimento meramente intuitivo por parte do responsável, acarretando em dosagens abaixo do padrão (52% da massa) – 49% em média, o que representa uma perda aproximada de 40 pães por dia (12.000 unidades por ano). Para a padronização das dosagens foi adquirido um balde, e nele foram efetuadas demarcações para as dosagem de acordo com os lotes de produção (5 e 15 Kg).

Quanto ao uso ineficiente de energia elétrica, relativa a variação do tempo de uso das máquinas elétricas, buscou-se uma padronização do tempo de uso. Nesta proposta, foi também evitado a utilização de mais de três câmaras do forno ao mesmo tempo e da bateadeira e cilindro, reduzindo, desta

forma, o fator de potência. Para a efetivação desta medida preventiva de controle deste aspecto ambiental, foram efetuados treinamentos com os funcionários e a fixação de placas indicadoras de tempos-padrão e uso.

Quanto ao uso de materiais, este aspecto foi atenuado principalmente pelo uso intenso de ingredientes variados. Assim, foi sugerido e averiguado através de simulações em escala real, e posteriormente, implementado pelo empresário, o uso de 100% de farinha com pré-mistura (Farinha contendo todos os ingredientes já misturados - sal, melhorador, manteiga, açúcar) eliminando desta forma o uso de farinha tradicional, sal, açúcar, manteiga e melhorador. Esta medida representou uma menor geração de resíduos de embalagem (30%) e perda de materiais (2%) e tendo conseqüentemente redução de *Lead time* e aumento da produtividade (Redução do número de operações e de movimentações). Des destaca-se também que a implementação desta oportunidade acarretou em um controle mais eficiente da produção, tornando-o mais simples. Vale destacar ainda que antes o processo era marcado por um elevado número de manipulação de materiais, com tendência de erros de dosagens, e conseqüente alteração da qualidade do pão francês. Em entrevista com empresário após a implementação, foi afirmado também, “ganho de confiabilidade no processo produtivo. Quando o padeiro faltava, a empresa tinha sérios problemas, de produção e qualidade”.

Em relação aos resíduos sólidos foi proposto um plano de gerenciamento, bem como um programa de segregação de resíduos recicláveis. Com a comercialização dos recicláveis, a empresa obteve uma receita extra na ordem de R\$ 120,00. Esta passou a ser destinada para financiar um “fundo social” para os funcionários. Esta medida evidencia a internalização da preocupação ambiental por parte dos funcionários e alta administração, uma vez que todos os funcionários são responsáveis pelo plano de gerenciamento e programa de segregação, e todos desfrutam de seus benefícios.

Vale destacar a existência de outras oportunidades de controle preventivo no processamento de massas doce. Foi observado um desperdício significativo do uso de leite condensado, o qual era comprado em embalagens de tetra pack de 395 g. Os funcionários tinham o hábito de cortar apenas um

dos vértices da embalagem, fato esse que dificultada a retirada eficiente do insumo, deixando aproximadamente 11% da massa contida na embalagem. Os funcionários foram orientados a cortar a embalagem na parte superior completamente e raspar com uma colher, isso levou a uma economia anual de R\$ 523,44.

No tocante, as medidas vislumbradas e implementadas na indústria de panificação, acarretou em uma redução do custo na fabricação do pão francês, de 14%, o que representa R\$ 7671,59 (ano), redução de 24% dos impactos ambientais significativos, bem como 33,6% da geração de resíduos sólidos e de aproximadamente 5% do consumo de Kwh.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente artigo abordou a temática de Produção mais Limpa, uma ferramenta de gestão ambiental voltada para o ganho de produtividade. Foram apresentados aspectos com sua origem, conceitos, benefícios, metodologia, barreiras para a implementação e sua aplicação no Estado do Rio Grande do Norte.

A partir de uma pesquisa exploratória sobre a conceituação de PmL, foi proposto a seguinte definição: “Ferramenta de Gestão Ambiental aplicada a partir de uma estratégia preventiva e integrativa, tanto para serviços quanto para processos e produtos, de forma a se reduzir os riscos ambientais e ao homem”.

No tocante, foi evidenciado que a aplicação de PmL resulta em uma melhor performance ambiental e ganho de produtividade. Vale enfatizar que a PmL busca a solução preventiva dos aspectos ambientais na fonte geradora, uma vez que muitos desses, ocorrem por detrimento de falhas operacionais, ocasionando, ora maior consumo de matérias-prima e insumos, ora poluição ambiental.

Quantos às dificuldades de implementação, notadamente, destaca-se a falta de uma cultura pró-ativa dos empresários e dificuldades financeiras. Entretanto, vale mencionar, que esse fator é justificado pelo total



desconhecimento da ferramenta, uma vez que com simples medidas de *Housekeeping*, já se tem retornos financeiros imediatos.

De forma geral, observa-se que a adoção da Produção mais Limpa, culminando com a superação das barreiras nas indústrias do Rio Grande do Norte, trouxeram além do ganho de produtividade, efetivaram princípios da sustentabilidade.

## 8. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cecília M. V. B; GIANNETTI, Biagio F. Ecologia industrial: Conceitos Ferramentas e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

ANDRES, Luiz Fernando. A gestão ambiental em indústrias do vale do taquari: vantagens com o uso das técnicas de produção mais limpa. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Administração. UFRGS: 2001.

BARBIERI, José Carlos. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2004.

CAMPOS, André Luís de Oliva; RABELO, Thaynara Santana; SANTOS, Rodrigo Oliveira. Produção mais limpa na industria de petróleo: o caso da água produzida no campo de carmópolis/se. 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Campo Grande-MS: ABES, 2005, 6p.

CARDOSO, Maria França. Indicadores de Produção Limpa: uma Proposta para Análise de Relatórios Ambientais de Empresas. Dissertação de Mestardo. Escola Politécnica. Salvador: UFBA, 2004.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). Guia da Produção Mais Limpa: Faça você Mesmo. Disponível em: <[www.pmaisl.com.br](http://www.pmaisl.com.br)>. Acesso em: 15 de janeiro de 2004.

CENTRE OF ENVIRONMENTAL TRAINING AND INTERNACIONAL CONSULTING (CENTRIC AUSTRIA INTERNACIONAL). Ecoprofit Profits from Cleaner Production. Project Replication Guieline. Centric Austri. 2005.

CHEHEBE, José Ribamar. Análise de ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, CNI, 1997. 9p.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS (CNTL). Curso de Formação de Consultores em Produção Mais Limpa para Pequena e Microempresa. Módulo 1. Porto Alegre: CNTL, 2003.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS (CNTL). Curso de Formação de Consultores em Produção Mais Limpa para Pequena e Microempresa. Módulo 2. Porto Alegre: CNTL, 2003.

FIGUEIREDO, Veruschka Franca. Produção mais limpa nas pequenas e micro empresas: elementos inibidores, XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Anais, ABEPRO, Florianópolis-SC, 2004. 5191 p.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. FURTADO, João Salvador (Coord). Prevenção de resíduos na fonte & economia de água e energia. Manual de avaliação na fábrica. São Paulo: USP, 1998.

FURTADO, João Salvador; FURTADO, M. C. Produção Limpa. In: CONTADOR, José Celso. Gestão de Operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2004. 320p.

GLAVIC, Peter; LUKMAN, Rebeke. Review of sustainability terms and their definition. Journal of Cleaner Production. 15 (2007) 1875 – 1885.

GREENPEACE. O que é Produção Limpa. Outubro de 1997.  
Disponível m: < [http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/producao\\_limpa.doc](http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/producao_limpa.doc)>  
Acesso em 20 de outubro de 2007.

LE MOS, Ângela Denise da Cunha. A Produção Mais Limpa como Geradora de Inovação e Competitividade: o Caso da Fazenda Cerro do Tigre. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Administração. Porto Alegre: UFRS, 1998.

MEDEIROS, Denise Dumke; CALABRIA, Felipe Alves; SILVA, Gisele Cristina Sena; SILVA FILHO, Júlio Cesar Gomes. Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. Produção. v. 17, n. 1, p. 109-128, Jan./Abril. 2007.

MOURA, Thiago Negreiros; JERÔNIMO, Carlos Enrique de Medeiros; SANTIAGO JÚNIOR, Aristides Felipe; CORTEZ, Sérgio Murilo. Intervenção da produção mais limpa nas indústrias têxteis do município de Jardim de Piranhas, 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais, Campo Grande-MS: ABES, 2005.

NÚCLEO POTIGUAR DE ECONEGÓCIOS. Empresas piloto do PmaisL: apresentação Resultados. Natal-RN, SEBRAE-RN, 2005.

ONU-UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP) - A. Understanding Cleaner Production - Related Concepts.  
Disponível em:  
< [http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding\\_cp/related\\_concepts.htm#3](http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/related_concepts.htm#3) >  
Acesso em 20 de outubro de 2007.

ONU-UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP) - B. Understanding Cleaner Production – National Cleaner Production Centers. Disponível em: < <http://www.uneptie.org/pc/cp/ncpc/home.htm>> Acesso em 20 de outubro de 2007.

ONU-UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP) - C Understanding Cleaner Production – Key Elements. Disponível em: < <http://www.uneptie.org/pc/cp/ncpc/home.htm>> Acesso em 20 de outubro de 2007.

ONU-UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP) - D Understanding Cleaner Production – Cleaner Production Assessment in Industries. Disponível em: < [http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding\\_cp/cp\\_industries.htm](http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/cp_industries.htm)> Acesso em 20 de outubro de 2007.

ONU-UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). Manual on the development of cleaner productions policies – approaches and instruments. Disponível em <[www.unido.org](http://www.unido.org)>. Acesso em: 02 de agosto de 2006.

ONU-UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO); DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Cleaner Production Assessment in Dairy Processing. Disponível em <<http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2007.

PIMENTA, Handson Cláudio Dias. Caracterização da indústria de abate animal no Estado do Rio Grande do Norte: gestão ambiental e alternativas de mitigação de impactos. Monografia. Curso de Graduação em Tecnologia em Meio Ambiente. Gerencia Educacional de Recursos Naturais. Natal: CEFET, 2004, 11-14p.

PIMENTA, Handson Cláudio Dias; GOUVINHAS, Reidson Pereira. Oportunidades para implantação de um programa de produção mais limpa em uma indústria moveleira do Rio Grande do Norte, 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais, Campo Grande-MS: ABES, 2005, 4p.

PIMENTA, Handson Cláudio Dias; GOUVINHAS, Reidson Pereira. Implementação da produção mais limpa na indústria de panificação de Natal-RN. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Anais, Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007

REVISTA MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL. MMA incentiva criação de fóruns estaduais de Produção mais Limpa. São Paulo, Ano X – 60 ed, Marco/abril 2006

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (SEBRAE-RJ). Diagnóstico Ambiental para o Arranjo Produtivo Local Têxtil-Confecção. Rio de Janeiro: SEBRAE-RJ, 2007.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO ESTADO DO RIO DE GRANDE DO NORTE (SEBRAE-RN). Núcleo Potiguar de Ecnegócios. Empresas piloto do PmaisL: apresentação Resultados, 2005.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL DO RIO GRANDE DO SUL (SENAI-RS). Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto Alegre: SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003, 10p.

SILVA, Gisele Cristina Sena; MEDEIROS, Denise Dumke. Metodologia de Checkland aplicada à implementação da Produção mais Limpa em Serviços. Gestão e Produção. v. 13, n. 3, p. 411-422, Set./Dez. 2006.

THORPE, Beverley. Citizen`s Guide to Clean Production. Clean Production Network. University of Massachusetts Lowell. Massachusetts, 1999.

US-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) – A. Pollution Prevention (P2) Definitions.  
Disponível em: <<http://www.epa.gov/oppt/p2home/pubs/p2policy/definitions.htm>>  
Acesso em 20 de outubro de 2007.

US-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) - B. Pollution Prevention Act of 1990. United States Code. Title 42. The Public Health and Welfare. Chapter 133  
Disponível em: < <http://www.epa.gov/p2/pubs/p2policy/act1990.htm> >  
Acesso em 20 de outubro de 2007

## II. Gestão Ambiental do Ciclo de Vida do Produto: A Ferramenta “Avaliação do Ciclo De Vida”

Aldo Ometto<sup>(1)</sup>  
André Luiz Tachard

*(1) Engenheiro de Produção Química pela UFSCar(1997), mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela EESC-USP (2000) e doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP (2005). Atualmente é professor da Universidade de São Paulo, Pesquisador do Instituto Fábrica do Milênio e do Núcleo de Manufatura Avançada e Coordenador do Grupo de Engenharia do Ciclo de Vida na EESC-USP. aometto@sc.usp.br*

---

### RESUMO

Resultados satisfatórios provenientes da implantação da gestão ambiental em empresas decorrem muitas vezes da verificação do impacto e custos totais que seus bens e serviços têm no meio ambiente, o que significa avaliar todo o ciclo de vida, desde a matéria-prima e fabricação até o uso e disposição. Neste contexto, uma das ferramentas que melhor permitem fazer a referida verificação (qualitativa e quantitativa) de desempenho ambiental é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A importância da realização da ACV é ainda mais abrangente, pois auxilia na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em vários pontos do seu ciclo, ajuda na tomada de decisões na indústria, organizações governamentais ou não-governamentais, e contribui no marketing da empresa, dentre outros. Este trabalho apresenta uma discussão sobre o conceito de Gestão Ambiental e sua importância, bem como da Avaliação do Ciclo de Vida, das suas principais ferramentas em todo o mundo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação do Ciclo de Vida, Gestão Ambiental; Sustentabilidade

### **Environmental Management of Product Life Cycle: The Tool “Life Cycle Assessment”**

### ABSTRACT

Important outcomes obtained from the implementation of the environmental management in enterprises are often achieved after an analysis of the impacts that their products cause to the environment, which means to evaluate wholly the life cycle, from raw materials and fabrication until the use and dispose of wastes. Hence, one of the tools that enable appropriately to check this environmental performance is the Life Cycle Assessment (LCA). The importance of LCA is still greater, since it helps, for example: in the identification of opportunities to improve environmental aspects of the product in many stages of its cycle; in decision-making process in industries, governmental and non-governmental organizations; and in the environmental performance in marketing. This work shows a discussion about the concept of Environmental Management and its importance, as well as some considerations of the Life Cycle Assessment, one of its main tools worldwide.

**KEYWORDS:** Life Cycle Assessment, Environmental Management, Sustainability

## 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas, gerados em grandes quantidades e contando com substâncias químicas estranhas ao meio ambiente, têm sido responsáveis por inúmeros impactos, tanto em escala global - efeito estufa, diminuição da camada de ozônio, etc. - quanto regional, como a acidificação de solos e águas, além do acúmulo de substâncias tóxicas nos ecossistemas. Na outra ponta da cadeia produtiva, recursos não renováveis continuam a ser largamente utilizados, seja como combustíveis ou matéria-prima dos processos. Por todo o mundo, algumas medidas vêm sendo implementadas nas indústrias visando à reversão deste quadro, à luz do desenvolvimento sustentável. Esta adequação, além de estar se tornando cada vez mais obrigatória em razão das legislações, deve ser realizada o mais brevemente possível, tendo em vista a perda de competitividade em mercados com crescentes requisitos de sustentabilidade para com os produtos (notadamente a Alemanha, países escandinavos, Holanda e Grã-Bretanha). A evolução da inserção da variável ambiental pode ser medida pela iniciativa de empresas notada por Verschoor [1]: pesquisando sete grandes companhias internacionais, foi observado que nenhuma delas declarou a regulamentação como motivação primária para modificações em seus processos. O interesse principal era a redução de danos ambientais e, conseqüentemente, de custos (melhor utilização de matéria-prima, redução de resíduos, supressão de multas, etc.).

Uma das principais ferramentas utilizadas hoje em dia pelas empresas que aplicam princípios da Gestão Ambiental é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A ACV passou a ter relevância ainda maior para o mercado brasileiro, uma vez que já se encontra em vigor a rotulagem conhecida como “Selo Verde Tipo III”, baseada nesta avaliação e regularizada pela serie ISO 14000. Atualmente, qualquer concorrência internacional pode exigir sua presença, podendo gerar uma barreira técnica para os produtos brasileiros, de maneira que a utilização da ACV no Brasil pode ser vista qualificada como essencial no sentido de aumentar a competitividade da indústria nacional.

## 2. GESTÃO AMBIENTAL

A gestão ambiental, segundo Tolba [2], não deve ser entendida como o gerenciamento do meio ambiente, mas como o gerenciamento adequado das atividades humanas, para estas não comprometerem a qualidade do meio pelo uso acima da capacidade de suporte<sup>1</sup> deste. Portanto, o maior objetivo da gestão ambiental é buscar a realização das necessidades humanas, considerando os potenciais e as restrições dos sistemas ambientais, como um instrumento para a sustentabilidade.

*“Sustentabilidade é um relacionamento entre sistemas econômicos dinâmicos e sistemas ecológicos maiores e também dinâmicos, embora de mudança mais lenta, em que: a) a vida humana pode continuar indefinidamente; b) os indivíduos podem prosperar; c) as culturas humanas podem desenvolver-se; mas em que d) os resultados das atividades humanas obedecem a limites para não destruir a diversidade, a complexidade e a função do sistema ecológico de apoio à vida.” (CONSTANZA, 1991, p.85<sup>2</sup> apud SACHS [3]).*

A União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN) (1991) considera desenvolvimento sustentável o processo que melhora as condições de vida das comunidades humanas e, ao mesmo tempo, respeita os limites da capacidade de suporte dos ecossistemas.

Para Manzini e Vezzoli [4], as atividades econômicas podem ser consideradas sustentáveis, se apresentarem os seguintes requisitos:

- basear-se em recursos naturais renováveis com otimização do uso;
- não gerar resíduos acima da capacidade do ambiente em “renaturalizá-los”;
- as sociedades “ricas” diminuir sua exploração ambiental para que as “pobres” possam usufruir do mínimo necessário.

---

<sup>1</sup> Capacidade de suporte é entendido como a capacidade do sistema natural assimilar as alterações a ele imposto dentro dos limites mínimos e máximos de tolerância explicados em ODUM (1988), a fim de que possa, por meio da sua resiliência, retornar à sua condição original de equilíbrio.

<sup>2</sup> CONSTANZA, R. (ed.). *Ecological Economics: the science and management of sustainability*. Nova York, Columbia University Press.

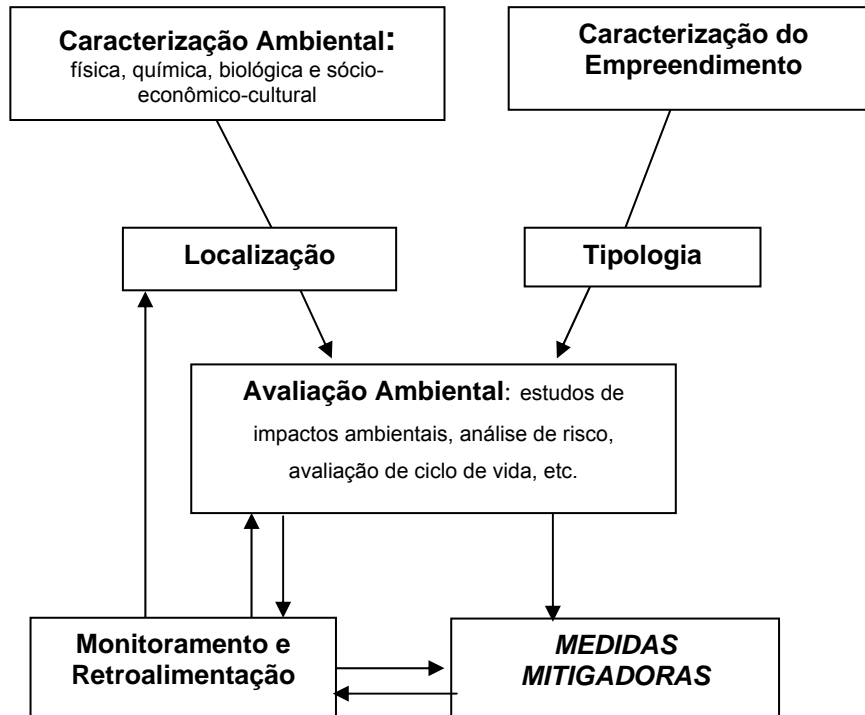
A sustentabilidade, segundo Sachs [3] apresenta cinco dimensões que devem ser consideradas em todo planejamento: social, econômica, ecológica, espacial e cultural.

Souza [5] indica, ainda, que a sustentabilidade pode ser alcançada a partir de três premissas: o tempo, o espaço e a participação da sociedade. O fator temporal engloba as conseqüências ao presente e às futuras gerações, podendo ser definido pelas análises de curto, médio e longo prazo. A questão espacial baseia-se na necessidade de se conhecerem as especificidades locais, de acordo com os aspectos físicos, químicos, biológicos, sociais, econômicos e culturais da região de estudo. Já a participação da sociedade junto ao processo decisório configura-se como uma prática inerente ao processo democrático, de modo a legitimar os aspectos técnicos abordados. Assim, para que a gestão ambiental seja um real instrumento de sustentabilidade, Souza [6] indica que a gestão deve ser entendida como um conjunto de procedimentos que busquem a harmonia entre desenvolvimento e qualidade ambiental, a partir das necessidades identificadas pela sociedade civil ou pelo Estado e representadas na legislação ordinária, na política ambiental e, também, na participação da sociedade.

Para Souza [7], as etapas que devem constar da prática da gestão ambiental são a caracterização ambiental, a caracterização do empreendimento, a análise ambiental, as medidas mitigadoras, o monitoramento e a retroalimentação das informações para o sistema de gestão, como mostra a figura 1.

Cabe à caracterização ambiental determinar as vocações e as restrições dos fatores ambientais da região em análise, permitindo, assim, que as atividades humanas possam ser localizadas de forma que as potencialidades do meio sejam exploradas, respeitando-se sua capacidade de suporte. Além disso, a caracterização ambiental fornece, segundo Ab'saber [8], informações sobre a área de influência dos possíveis impactos, o que orientará a etapa de monitoramento.





**Figura 1** - Sistema de Gestão Ambiental [7]

Concomitante à caracterização do meio, deve-se realizar a caracterização do empreendimento, por meio de um estudo, abordando os aspectos técnicos, como os insumos, a matéria-prima, o processo produtivo, os efluentes, os resíduos, as emissões, entre outros. Esta etapa resulta na tipologia, a qual deve compreender, segundo Souza [9], as etapas do projeto, a implantação, a operação e a desativação do empreendimento.

O cruzamento das características do empreendimento com as características do meio fornecerá subsídios para se analisarem os impactos ambientais decorrentes da atividade. Esta fase é identificada como avaliação ambiental e deve garantir a viabilidade ambiental do empreendimento. Algumas ferramentas para a realização desta etapa são os estudos prévios de impactos ambientais, a análise de riscos e a avaliação do ciclo de vida.

Para Alvarenga [10], esta etapa compreende a alocação dos atributos de restrições e de potencialidades ambientais, a considerar de acordo com a ordem estabelecida das condicionantes determinadas no processo de caracterização. Com isso, cria-se a condição de se determinar a localização

mais adequada para determinado empreendimento, assim como as áreas que devem ser protegidas.

As medidas mitigadoras, segundo Souza [9], podem ser preventivas e, portanto, incluem as técnicas de redução de efluentes, resíduos e emissões na fonte geradora, assim como o projeto de produtos com considerações ambientais — ecodesign<sup>3</sup>.

O monitoramento e a retroalimentação das informações para o sistema de gestão são fundamentais na obtenção da melhoria contínua do processo e da garantia da eficácia das medidas implementadas. O monitoramento pode ser realizado com a instrumentação nos locais das atividades, assim como por meio de monitoramento à distância, com o uso do sensoriamento remoto e de imagens de satélite de alta resolução. Esta tecnologia aplicada às diversas fases do produto é conhecida como georastreabilidade, que é uma forma de monitorar as atividades de produção por meio de geotecnologias.

Manzini e Vezzoli [4] citam que o impacto provocado no ambiente pelas atividades humanas depende de três fatores: a população, a procura do bem estar humano e a ecoeficiência das tecnologias aplicadas. A ecoeficiência pode ser entendida como a otimização do processo produtivo ou do ciclo de vida do produto conciliada com a minimização de impactos adversos ao ambiente e ao ser humano. O World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) criou o termo ecoeficiência em 1992 e o define:

*“as being achieved by the delivery of competitively priced goods and services that satisfy human needs and bring quality of life, while progressively reducing ecological impacts and resource intensity throughout the life cycle, to a level at least in line with the Earth’s estimated carrying capacity” [11].*

Dessa forma, o sistema de gestão ambiental visa à conservação e à melhoria do ambiente, assim como à proteção da saúde humana. Tais objetivos devem englobar os requisitos e as metas das atividades humanas, inclusas as empresariais, a fim de se obter a sustentabilidade.

---

<sup>3</sup> Ecodesign é o desenvolvimento do produto que incorpora no projeto as questões ambientais a fim de reduzir os impactos ambientais deste ao longo de seu ciclo de vida.

Inicialmente, por meados das décadas de 1970 e 1980, as empresas utilizavam, como primeira solução aos problemas ambientais, a prática do tratamento de resíduos, efluentes ou emissões, denominadas tecnologias de “fim de tubo”. Atualmente, ainda há muitas empresas no Brasil que utilizam somente esta estratégia para resolver seus desafios ambientais. Contudo outras estratégias inovadoras surgiram.

Após essas duas décadas, motivadas por diversas crises de escassez de recursos naturais, como de energia e água, as empresas começaram a se preocupar com a gestão dos processos produtivos, tendo em vista a redução das perdas e dos desperdícios na fonte geradora. Com tal enfoque, surge o conceito de clean production (produção limpa), o qual foi adotado por um grupo de trabalho da United Nations Environment Programme (UNEP) e citado por Baas et al. (1990)<sup>4</sup> apud Jackson [12] como o conceito de produção que incorpora a prevenção ou a minimização de riscos à saúde humana e ao meio ambiente, a curto e longo prazo.

De acordo com Freeman [13], para que as técnicas de prevenção contra a poluição sejam cada vez mais eficazes e economicamente viáveis, elas devem ser utilizadas em conjunto, podendo ser aplicadas em muitos estágios do processo industrial. Tais técnicas também devem ser aplicadas em consonância com estudos mais abrangentes de todo o ciclo de vida do produto, como a ACV, a fim de se obter o resultado mais eficaz para a redução de impactos ambientais negativos de um produto, processo ou atividade. Nessa linha, McIntyre et al.[14] consideram que os impactos ambientais não devem ser considerados de forma pontual, em uma determinada etapa do processo, mas por meio de uma avaliação global de toda a cadeia do produto.

Alting e Legarth [15] consideram, ainda, que a manufatura está se tornando cada vez mais responsável pela performance ambiental do produto, a partir de seu ciclo de vida. Tal ciclo é composto de estágios consecutivos e interligados, desde a extração da matéria-prima e as etapas da pré-manufatura, à manufatura, ao uso, ao transporte, à reciclagem e à disposição final.

---

<sup>4</sup> BAAS, L.; HOFMAN, H.; HUISINGH, J.; KOPPERT, P. NEUMANN, F. (1990). *Protection of the North SEA: Time for Clean Production*, Erasmus Centre for Environmental Studies, Erasmus University, Rotterdam.

Assim, segundo Alting e Legarth [15], para incorporar as questões e os parâmetros ambientais ao ciclo de vida, durante o desenvolvimento do produto, surge a Engenharia de Ciclo de Vida (ECV). Seu escopo é abrangente e envolve desde a engenharia de manufatura<sup>5</sup>, a escolha dos materiais, os fornecedores, o uso, o pós uso do produto, assim como todas as etapas que possam incorporar a questão ambiental no desenvolvimento de um produto durante todo seu ciclo de vida. Ainda, segundo os autores, a ECV é definida como a arte de projetar o ciclo de vida do produto por meio de escolhas sobre a sua concepção, a sua estrutura, os seus materiais e os seus processos; já a ACV é a ferramenta que visualiza as consequências ambientais e recursivas dessas escolhas.

Segundo Barbieri [16], tais ferramentas devem servir para que o produto seja gerado de forma ambientalmente adequada e para que, durante a fase de concepção do produto, se tenha em vista, também, a facilidade de desmontagem, de reutilização, de reciclagem ou de remanufatura após seu uso.

### **3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA**

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um método de mensuração de materiais, energia e impactos ambientais associados a cada etapa de um bem ou serviço. Nesta abordagem, o “ciclo de vida” do produto compreende desde a etapa do seu desenvolvimento, passando pela fabricação e distribuição, até a sua disposição final, seja ela o reaproveitamento ou descarte. Estas etapas são constituídas de atividades que frequentemente utilizam recursos naturais e que, em maior ou menor escala, serão sempre causadoras de algum tipo de impacto ambiental, ainda que de maneira indireta (caso, por exemplo, do transporte do produto). Resumidamente, esta ferramenta analítica de avaliação de impactos ambientais associados a um produto atinge seus objetivos por meio de [17]:

---

<sup>5</sup> A engenharia de manufatura “engloba todas as fases do processo produtivo, desde a etapa do projeto do produto ao projeto e planejamento dos processos a serem utilizados para a fabricação do produto até a execução, distribuição e disposição final do mesmo” [18].

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

Esses passos serão descritos mais detalhadamente adiante.

Wenzel et al.[19] consideram que a habilidade da ACV em medir o impacto ambiental de um produto pelo seu ciclo de vida a torna a única ferramenta holística para avaliar as consequências das escolhas, feitas durante o desenvolvimento do produto, ao meio ambiente e aos recursos. Segundo Society of Environmental Toxicology and Environmental (SETAC) [20], a ACV é um processo objetivo para avaliar cargas ou impactos ambientais associados a produtos, a processos ou a atividades, por meio da identificação e da quantificação de energia e de materiais usados, assim como dos resíduos emitidos no meio ambiente. O objetivo maior de avaliar o impacto desses usos é indicar oportunidades para conferir melhoramentos ambientais para todo o ciclo de vida do produto, do processo ou da atividade.

Para Udo de Haes et al.[21], a ACV é o processo de avaliação dos efeitos que um produto, um processo ou uma atividade (ou a função que são projetados para desenvolver) apresentam sobre o ambiente, considerando todo o ciclo de vida. Barnthouse et al. [22] advertem que os usuários da ACV devem compreender que ela é uma análise específica, com características próprias, distintas dos métodos comuns de avaliação ambiental. A ACV avalia o comprometimento ambiental de um produto, um processo ou uma atividade, a partir dos fluxos de entrada e da saída dos materiais e da energia de todo o ciclo de vida.

Como o estudo de ACV tem por base o ciclo dos materiais e da energia, ele pode subsidiar soluções que se aproximem da base conceitual de como os processos naturais ocorrem. Dessa confluência, surge a ecologia industrial, a qual, segundo Manzini e Vezzoli [4], é entendida como um sistema de produção e de consumo, organizado de maneira a aproximar-se do funcionamento do sistema natural, combinando os tecnociclos aos biociclos.

Segundo a definição da ISO e ABNT [17], a ACV é uma técnica de compilação dos aspectos ambientais<sup>6</sup> e de avaliação dos impactos ambientais potenciais<sup>7</sup> associados a um produto ou serviço no decorrer de seu ciclo de vida (desde a aquisição da matéria-prima, à produção, ao uso e à disposição) mediante:

- a compilação de um inventário de entradas e de saídas pertinentes a um sistema de produto<sup>8</sup>;
- 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.

Ainda conforme esta mesma norma, as aplicações que a ACV pode oferecer ocorrem:

- na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em vários pontos de seu ciclo de vida;
- na tomada de decisões na indústria, em organizações governamentais ou não-governamentais (por exemplo, planejamento estratégico, definição de prioridades, projeto ou reprojeção de produtos ou serviços);
- na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição;
- no *marketing*, por exemplo, uma declaração ambiental, um programa de rotulagem ecológica ou uma declaração ambiental de produto;

---

<sup>6</sup> Aspecto ambiental no contexto de sistemas produtivos é o elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um impacto ambiental significativo (ABNT, 1996)

<sup>7</sup> Os “impactos ambientais potenciais” são um subconjunto dos “impactos ambientais” referidos em ABNT (1996), resultante do uso da unidade funcional de cálculo. Os “impactos ambientais potenciais” são expressões relativas, pois estão relacionados à unidade funcional de um sistema de produto (ABNT, 2004b).

<sup>8</sup> Sistema de produto é o conjunto de unidades de processo, conectadas material e energeticamente, que realiza uma ou mais funções definidas [17].

- no auxílio às organizações para obterem uma visão sistemática de sistemas de produtos interconectados;
- na formulação do objetivo e do escopo de um estudo, na definição e na modelagem dos sistemas a analisar, na coleta dos dados, na análise e no relatório dos resultados;
- no estabelecimento de um nível básico de desempenho ambiental para um determinado sistema de produto pela quantificação do uso de matérias-primas, dos fluxos de energia e das emissões para a atmosfera, a água e o solo (dados ambientais de entrada e de saída) associados ao sistema, tanto para o sistema completo quanto para os processos elementares que o compõem;
- na identificação daqueles processos, em um sistema de produto, onde ocorrem as maiores utilizações de fluxos de energia e de matérias-primas e emissões, com vistas a promover as melhorias planejadas;
- no fornecimento de dados para a utilização subsequente, como auxílio à definição de critérios de rotulagem ambiental;
- no estabelecimento de opções de política, por exemplo, relativas a processos de aquisição de bens e materiais;
- *na identificação de oportunidades e no auxílio em sua priorização para a melhoria do projeto e do sistema do produto;*
- *nas comparações relativas entre sistemas de produtos, com base em indicadores de categoria selecionados;*
- na indicação de questões ambientais para as quais outras técnicas podem fornecer dados ambientais complementares e informações úteis para a tomada de decisão.

Além disso, a ACV pode contribuir para:

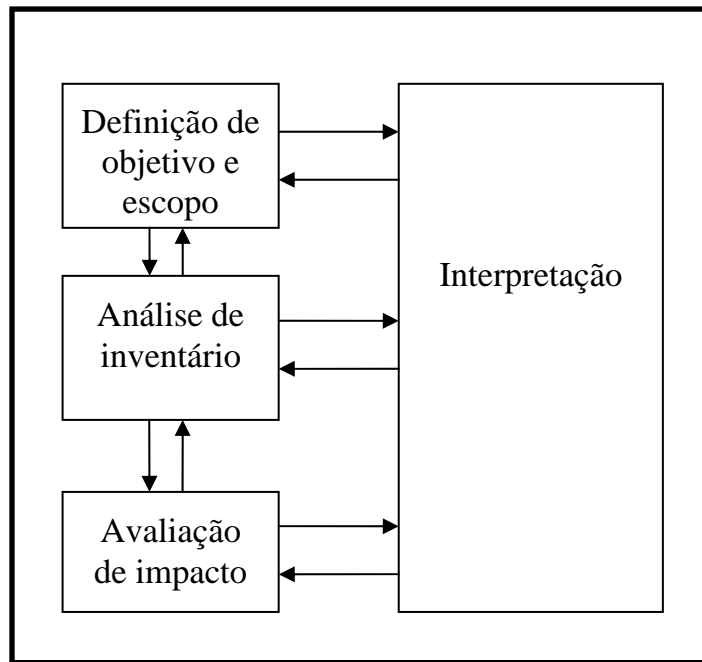
- subsidiar a tomada de decisão para comparar produtos funcionalmente equivalentes e diferentes opções de processos;
- subsidiar ações que visem à otimização de processos e ao uso racional de materiais, de modo a reduzir os custos e os impactos ambientais dos mesmos;
- fornecer informações para processos de auditorias;
- subsidiar as estratégias relacionadas com desenvolvimento e com projetos de novos produtos ambientalmente mais adequados (ecodesign);
- fornecer informações para consumidores sobre as características ambientais de produtos;
- fornecer informações para políticas de regulamentos e leis quanto à restrição de uso de materiais, apoiando as políticas voltadas aos produtos;
- reunir informações de sistemas de produtos para a formação de bancos de dados;
- avaliar efeitos sobre a disponibilidade de recursos e de técnicas de gestão de resíduos;
- ajudar o desenvolvimento de políticas de longo prazo, com relação ao uso de materiais, à conservação de recursos e à redução de impactos ambientais durante o ciclo de vida dos produtos;
- avaliar, quantitativamente, os impactos ambientais relacionados aos fluxos do ciclo de vida de um produto;
- segundo Alting e Legarth [15], servir como base para a conceituação, a estrutura e a definição de materiais e de processos a utilizar na manufatura.



Assim, a ACV pode ser indicada como um instrumento integrativo, científico e quantitativo, primariamente de gestão ambiental direcionada ao produto, cobrindo todos os estágios do ciclo de vida e de seus aspectos e impactos ambientais.

Desde já, é válido ressaltar que a ACV ainda encontra-se em sua fase inicial de desenvolvimento e consolidação por todo o mundo. Como tal, buscase ainda uma padronização dos métodos que permita reduzir o tanto possível a subjetividade durante a elaboração do estudo; por meio de sua divulgação e adoção em todo o mundo, pretende-se contornar outra grande limitação de seu uso, que é a pouca disponibilidade ou acessabilidade dos dados pertinentes, muitas vezes sequer existentes. Desta maneira, em que pese sua importância inegável para análise ambiental de bens e serviços, seja por parte da própria empresa ou por um avaliador externo, os resultados de ACV não deve ser vistos como único indicador de sustentabilidade de um processo. Uma vez que a ACV tipicamente não aborda aspectos econômicos ou sociais de um produto, as conclusões obtidas após sua aplicação devem fazer parte de um processo de decisão mais abrangente, do qual poderão fazer parte outras técnicas de gestão ambiental.

O momento exato do surgimento da Avaliação do Ciclo de Vida é impreciso, mas entre seus estudiosos existem três certezas: a) foi resultado de um processo de tentativas de avaliação do potencial de impacto ambiental de produtos pela indústria; b) teve origem no setor de embalagens; c) remonta ao final dos anos 60 e início dos anos 70. Após a criação da SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry), em 1979, a metodologia da ACV começou a ser estudada [23], mas a definição da sua estrutura só veio acontecer em 1993, nas séries de normas ISO 14.040, definidas pelo subcomitê 05 do Comitê Técnico TC 207. De acordo com a ISO 14.040, a estrutura metodológica para a realização da ACV é dividida em quatro fases [17], indicadas na figura 01 e descritas nos subitens a seguir.



**Figura 2.** Estrutura da avaliação do ciclo de vida [17]

### 3.2 Definição do objetivo e escopo

Na primeira fase de um estudo da ACV, o objetivo deve estabelecer a aplicação pretendida de modo claro e consistente, incluindo as razões para conduzir o estudo e o público-alvo.

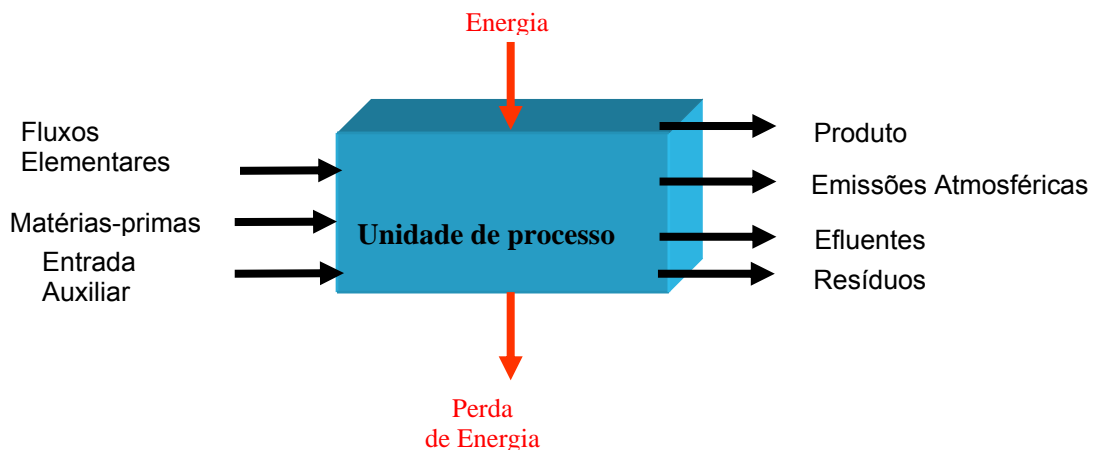
Em princípio, segundo a ABNT [24], é importante considerar que um estudo de ACV é iterativo e que a definição do objetivo e do escopo pode sofrer alterações durante a realização do estudo, à medida que os dados e as informações são coletados. Além disso, podem surgir limitações imprevistas, restrições ou informações adicionais. Tais modificações, embora possíveis, devem ser devidamente documentadas e justificadas.

Os principais elementos do escopo são [24, 25]:

- Função do sistema: finalidade para a qual o produto estudado se destina, ou seja, a característica de desempenho do produto
- Unidade funcional: medida do desempenho das saídas funcionais do produto ou do serviço que será utilizada no estudo. A unidade funcional define a quantificação da função identificada, fornecendo uma referência com a qual os dados de entrada e de saída são relacionados e

padronizados (num sentido matemático). Portanto, a unidade funcional deve ser claramente definida e mensurável a fim de assegurar a comparabilidade de resultados da ACV

- Fluxo de referência: quantidade do produto que é necessária para realizar a função expressa pela unidade funcional;
- Fronteiras do sistema inicial: define quais processos elementares<sup>9</sup> serão incluídos no sistema a ser modelado. O ideal seria que o sistema de produto fosse modelado de tal forma que as entradas e as saídas fossem fluxos elementares<sup>10</sup>; contudo, em muitos casos, dados, tempo ou recursos impedem essa abrangência. A definição do limite do sistema, estabelecido de modo iterativo, deve estar de acordo com os objetivos do estudo, com a aplicação pretendida, com as considerações realizadas, com a disponibilidade de dados e com o critério de corte (massa, energia e relevância ambiental);
- Unidade de processo: é a menor parte de um sistema de produto para a qual os dados são coletados visando à realização de uma ACV. Este é o volume de controle de cada atividade do ciclo, necessitando ser caracterizado, principalmente pelas entradas e pelas saídas. A figura 3 representa uma unidade de processo e os fluxos de entrada e de saída;



**Figura 3 - Unidade de processo e fluxos relacionados**

<sup>9</sup> Processos elementares são as subdivisões dos sistemas de produto e interligados por fluxos de produtos intermediários e/ou resíduos para tratamento, a outros sistemas de produto por fluxos de produto e ao meio ambiente por fluxos elementares.

<sup>10</sup> Fluxos elementares são matéria ou energia que entra ou deixa o sistema de produto sem, respectivamente, prévia ou posterior transformação humana.

As entradas auxiliares são os materiais que são utilizados na unidade de processo, mas não constituem parte do produto, como por exemplo, os catalisadores.

É importante a descrição da qualidade dos dados para compreender a confiabilidade dos resultados do estudo e interpretá-los. Um dos aspectos é a identificação da fonte dos dados, que podem ser primários – amostra direta do processo analisado; secundários – revisão bibliográfica ou entrevistas ou suposições realizadas por analistas com alto grau de experiência e conhecimento comprovado do processo.

Na definição do objetivo e do escopo, Wenzel et al. [26] apontam alguns pontos, a fim de nortear o método do trabalho, tais como:

- definir a finalidade, os motivos e a aplicação do estudo;
- definir o público-alvo a ser atendido pelo estudo;
- na fase da definição do objetivo, as perguntas a que o estudo responda devem ser claramente elaboradas;
- definir a função ou a unidade funcional do sistema;
- definir os limites do sistema;
- os procedimentos de alocação dos dados;
- os tipos de impactos e os métodos de avaliação de impacto;
- a fonte de dados e as informações;
- as considerações e as hipóteses;
- a forma de revisão crítica;
- o tipo e o formato do relatório do estudo;
- a “extensão” da análise – onde iniciar e parar o estudo do ciclo de vida;
- a “largura” da análise – quantos e quais subsistemas incluir;
- a “profundidade” da análise – o nível de detalhes do estudo.

A definição do objetivo e do escopo fornece o plano inicial para a realização da ACV e para a elaboração da segunda etapa do estudo da ACV: a Análise de Inventário.

### **3.3 Análise de inventário**

De acordo com a NBR ISO 14.041 [24], a análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) envolve a coleta de dados e os procedimentos de cálculo a fim de quantificar:

- as entradas de energia, de matéria-prima, auxiliares e outras entradas físicas;
- os produtos e as emissões atmosféricas, os efluentes líquidos, os resíduos sólidos e outros aspectos ambientais

Para a realização da análise de ICV, os procedimentos operacionais, como mostra a figura 4, são: a coleta dos dados; a alocação dos dados, em tabelas ou planilhas, e a validação das informações.

Os dados coletados devem ter base na unidade funcional e serem representados pelos fluxos de referência. Eles são coletados de acordo com o objetivo do estudo; contudo sua qualidade é importante, pois é a base de toda a análise e, por isso, seguem alguns parâmetros, de acordo com NBR ISO 14.041 [24]:

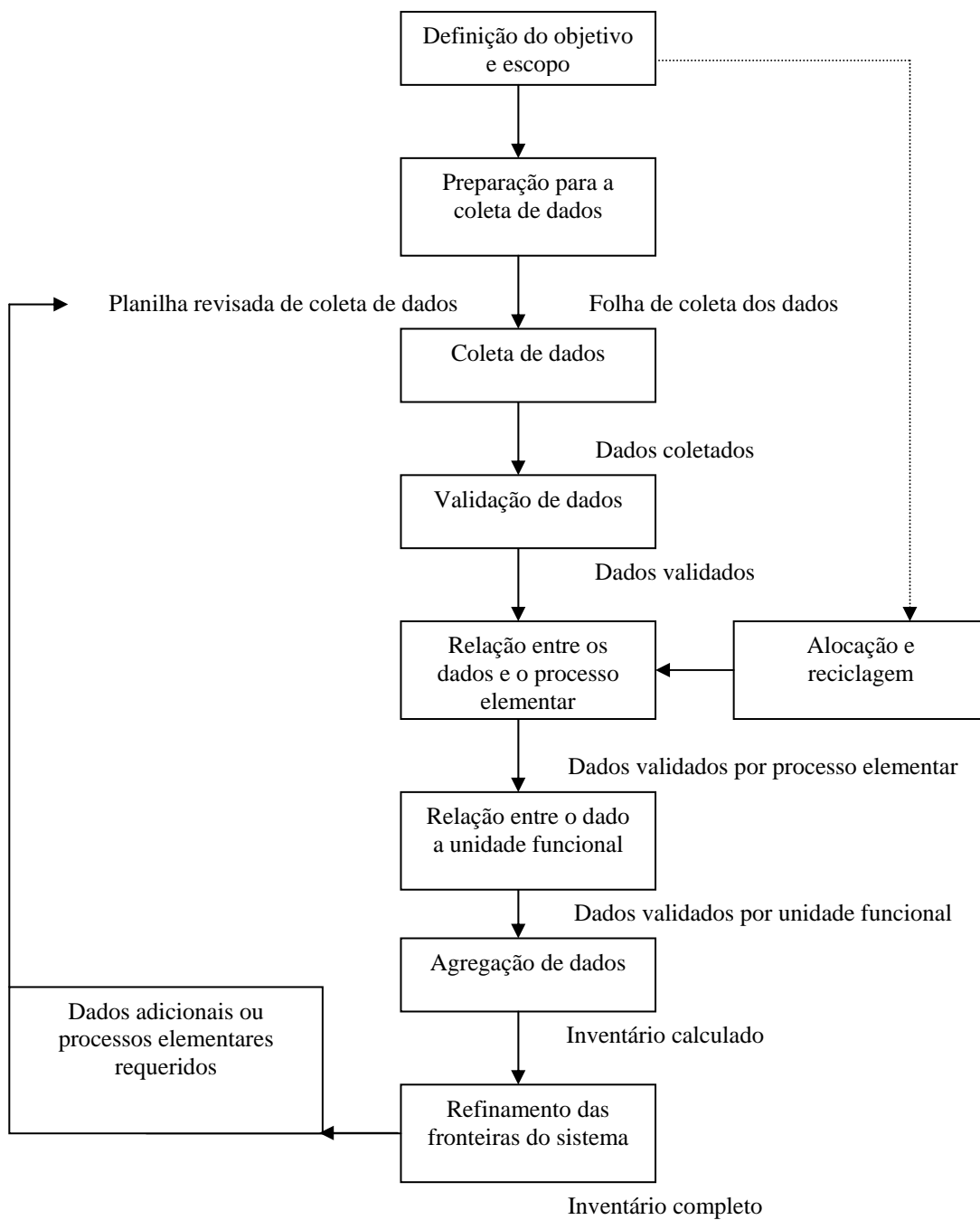
– cobertura temporal: a idade desejada dos dados (por exemplo, datados de até 5 anos) e o período mínimo de tempo indicado para a coleta dos dados (por exemplo, 1 ano de amostragem);

– cobertura geográfica: área geográfica indicada para a coleta dos dados dos processos elementares, a fim de serem geograficamente compatíveis com os objetivos do estudo (por exemplo, local, regional, nacional, continental ou global);

– *cobertura tecnológica*: combinação de tecnologias e identificação das diferenças tecnológicas para os processos estudados (por exemplo, média ponderada da combinação dos processos existentes, melhor tecnologia disponível ou pior unidade em operação).

A análise de inventário se concentra na busca dos dados das maiores quantidades utilizadas no ciclo e dos aspectos de grande potencial de impacto ambiental, estratégia que Krozer e Vis [27] também realizaram.

Depois de realizado o inventário, inicia-se a principal fase da ACV para a área ambiental: a Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (AICV).



**Figura 4** - Procedimentos simplificados para a análise do inventário [24]

### 3.4 Avaliação de impactos do ciclo de vida

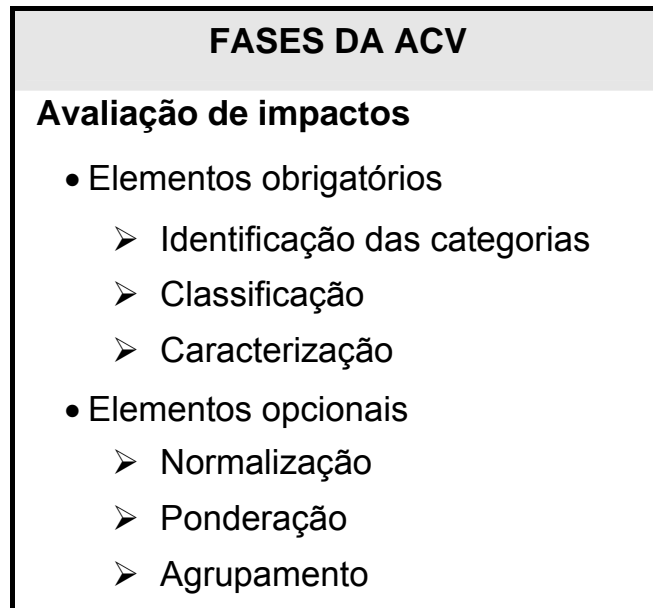
A AICV é definida, pela NBR ISO 14.042 [28], como um processo qualitativo e/ou quantitativo para classificar, caracterizar e analisar os efeitos das interações ambientais identificados na análise do inventário. O objetivo da AICV é avaliar o sistema de produto sob uma perspectiva ambiental, com o uso de categorias de impacto e de indicadores de categoria associados aos resultados do ICV [28].

Assim, esta fase determina a importância relativa de cada item do inventário e agrega seu potencial de impacto estabelecido. Para Udo de Haes et al. [21], esta fase avalia a significância das intervenções ambientais contidas no inventário do ciclo de vida.

A estrutura geral da AICV é composta de três elementos obrigatórios, que convertem os resultados do ICV em indicadores por categoria de impacto. Numa breve descrição, pode-se dizer que os elementos obrigatórios apontam os resultados dos indicadores para as diferentes categorias de impacto. Durante a “identificação de categorias” são listadas as categorias de impacto (acidificação, mudança climática, etc.), seus respectivos indicadores e modelos de caracterização. Na “classificação”, os resultados do inventário de ciclo de vida são correlacionados com as categorias de impacto anteriormente definidas. Estes resultados são então convertidos para unidades comuns usando fatores de caracterização e posteriormente agregados dentro da categoria de impacto, durante a “caracterização”. Os métodos para avaliação dos impactos ambientais realizados até aqui são, portanto, baseados nas características físico-químicas das substâncias químicas e ponderados de forma relativa entre as substâncias na mesma categoria de impacto.

Adicionalmente, podem ser executados um ou mais elementos opcionais (tabela 1): a normalização, o agrupamento e a ponderação dos resultados dos indicadores e técnicas de análise da qualidade dos dados.

#### **Tabela 1. Fases da ACV**



### **3.5 Interpretação**

Nesta fase, os resultados das etapas da análise de inventário e da avaliação de impacto são combinados com o objetivo e escopo, de forma consistente, visando a alcançar conclusões e recomendações [29]. As limitações do estudo são, também, indicadas nesta fase, de forma transparente. A interpretação dos resultados do inventário e da análise de impacto é sempre relacionada ao objetivo geral, buscando obter conclusões concisas e ainda fazer uma revisão, se necessária, dos dados selecionados, o que reflete a natureza iterativa da ACV.

Para um processo geral de tomada de decisão, as conclusões obtidas após o estudo de Avaliação de Ciclo de Vida, formatadas adequadamente em um relatório, devem se somar a outras análises que contemplem os itens que fogem do escopo da ACV, tais como aquelas relacionadas a aspectos econômicos e sociais.



#### **4. CONCLUSÃO**

A inserção da variável ambiental no planejamento empresarial transcende a necessidade gerada somente pela responsabilização legal dos produtores. Ela se torna um diferencial competitivo junto à estratégia de gestão integrada para a adição do valor sustentável. Entre as oportunidades de redução de custos e ganhos de novos mercados há a otimização da manufatura, a racionalização dos recursos, a redução dos desperdícios e impactos ambientais, entre outros. Para estas ações serem eficazes, a gestão não pode se limitar somente ao processo produtivo, mas sim a todo o ciclo de vida do produto.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. VERSCHOOR, A.H.; REIJNDERS, L. *Journal of Cleaner Production*, 7, 375-382. 1999
2. TOLBA, M. K.. *Development without destruction: involving environmental perceptions*. Dublin, Ireland, Tycooly International Publishing LTDA. 1982.
3. SACHS, I. *Estratégias de Transição para o Século XXI: Desenvolvimento e Meio Ambiente*. São Paulo: Studio Nobel, Fundação do Desenvolvimento Administrativo (Cidade Aberta). 1993.
4. MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2002.
5. SOUZA, M. P. *Instrumentos de Recursos Hídricos*. Aula Ministrada na Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 17/03/04. 2004.
6. \_\_\_\_\_. *Metodologia de Cobrança sobre os Usos da Água e sua aplicação como Instrumento de Gestão*. São Paulo. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. 1993.
7. \_\_\_\_\_. *Texto de apoio às aulas para o curso de graduação de arquitetura e urbanismo da EESC-USO*. São Carlos (mimeografado). 1996.

8. AB'SÁBER, A.N. Bases Conceituais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos. In: MÜLLER-PLANTENBERG, C. & AB'SABER, A. N. (orgs). Previsão de Impactos: o Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. 2.ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo. Cap.1, p.27-49. 1998.
9. SOUZA, M. P. Instrumentos de Gestão Ambiental: Fundamentos e Prática. São Carlos, Riani Costa. 2000.
10. ALVARENGA, S. R. A análise das Áreas de Proteção Ambiental enquanto instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente: o caso da APA Corumbataí, SP. São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1997.
11. WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. The WBCSD on Eco-eficiency. In: <http://www.wbcsd.ch> (20/12/2004). 2004
12. JACKSON, T. Clean Production Strategies: developing preventive environmental management in the industrial economy. USA, Lewis, Stockholm Environment Institute, International Institute for Environmental Technology and Management. 1993.
13. FREEMAN, H. Hazardous Waste Minimization. Singapore, McGraw-Hill Book. 1990.
14. MCINTYRE, K. et al. Environmental performance indicators for integrated supply chains: the case of Xerox Ltd. Supply Chain Management. MCB University Press. v.3 n.3 p. 149-156. 1998.
15. ALTING, L. e LEGARTH, J. B. Life cycle engineering and design. Annals of the CIRP, v.44. n.2. 1995.
16. BARBIERI, J. C. Políticas públicas indutoras de inovações tecnológicas ambientalmente saudáveis nas empresas. RAP. Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.135-52, mar/abr. 1997.
17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040 Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Brasil: ABNT. 10p. 2001.

18. MAGNANI, M. Abordagem integrada de aspectos conceituais relacionados à adequação ambiental em manufatura. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2000.
19. WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; JORGENSEN, J.; ALTING, L. Environmental tools in product development. Proceedings of the 1994 IEEE International Symposium on Electronics & the Environment. San Francisco, USA.p.100-108. 1994.
20. SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL. A technical Framework for Life-Cycle assesment. Washington DC: SETAC. 1991.
21. UDO DE HAES, H. A. et al., editor. Life-Cycle Impact Assessment: Striving towards Best Practice. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). ISBN 1-880611-54-6. 2002.
22. BARNTHOUSE et al. Life-Cycle Impact Assessment: The State-of-the-Art. Report of the SETAC Life-Cycle Assessment (LCA) Impact Assessment Workgroup, SETAC LCA Advisory Group. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) and SETAC Foundation for Environmental Educatio, Pendacola, FL, USA. 1997.
23. SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry. URL: <http://www.setac.org/>. Acesso em fev / 07. 2007.
24. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14041 Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Definição de objetivo e escopo e análise de inventário. 25p. 2004.
25. SCHALTEGGER, S. org. Life cycle assessment (LCA) – Who vadis? Basel, Boston, Berlin, Birkhäuser Verlag. 1996.
26. WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; ALTING, L. Environmental Assessment of Products. Bonton/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publisehrs. v.1 e 2. 1997.

27. KROZER, J.; VIS, J.C. How to get LCA in the right direction? Journal of Cleaner Production, 6, p.53-61. 1998.
28. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14042 Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Avaliação do Impacto do ciclo de vida. Brasil: ABNT. 17p. 2004.
29. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14043 Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2005. Brasil: ABNT. 2004

### **III. Design for Sustainability (D4S) in Europe and the Delft University of Technology.**

**M.A.C.M. Andrik**

**Dr. M.R.M Crul**

**Delft University of Technology, The Netherlands. Faculty of Industrial Design Engineering, Design for Sustainability program.**

---

#### **Summary**

This paper will discuss the developments in the field of Design for Sustainability in Europe and the Delft University of Technology. It is explained why D4S is important and becomes even more important in the (near) future. The policy development in the European Union on this topic are presented, as well as the development of the D4S program within Delft University of Technology, The Netherlands.

**Keywords:** Design for Sustainability, D4S in Europe, Drivers, Green Paper, Redesign, IPP, IPPC, Kyoto, TU Delft, Packaging Directive, D4S in Developing Countries.

#### **1. INTRODUCTION.**

Innovation is a notion that is well known in almost every product- or service developing company. New, innovative products can lead to a bigger market share, cost reduction or the increasing of productivity. More and more companies are trying to innovate continuously to keep the business healthy. They know that it is of great importance for a company to analyze its product portfolio constantly and innovate their existing products or design new products to keep up with national and international competitive pressure. Nowadays almost every large or medium-sized company in developed countries has at least one product innovation expert in its management team. In developing countries innovation is becoming a more important issue as well, but in many countries it is still in a premature phase.

Besides the economical benefits, which are often the main drivers for companies to innovate, improvements in the field of social aspects and environmental aspects can be taken into account at the same time as well. Nowadays legislations force companies already to think about the environmental impact and in the future this issue will become more and more important. Design for sustainability will contribute to make the company competitive and besides this it seeks for positive social aspects and decreasing environmental impacts.

## **2. WHAT IS D4S AND WHY IS IT IMPORTANT?**

Design for sustainability can be defined as a way to rethink how to (re)design and produce products to improve profits and competitiveness and to reduce environmental impacts.

Many professors, students and professional designers see D4S as a discipline that needs a different approach than the conventional way of designing. Besides this, companies consider 'green production' or 'Ecodesign' as a topic for the future. Furthermore many of them may believe that 'making a product green' will lead to a higher cost price or a reduction of the quality. A lot of organizations have developed tools to help rethink how to design and produce products to improve profits and competitiveness and to reduce environmental impacts at the same time. As a result, and based on experience gained, Ecodesign evolved to encompass broader issues such as the social component of sustainability and the need to develop new ways to meet consumer needs in a less resource intensive way. D4S is not simply making a green product –the concept embraces how best to meet consumer needs- social, economic and environmental- on a systematic level.

The way we produce nowadays has got a big negative influence on the environment and although we encountered it almost daily in the news, large transitions in the way we are producing are going very gradually. The problem that is the most visible is the global warming, caused by burning fossil fuels, agriculture and industrial practices that raise the level of Co2 and other greenhouse gasses. The rising temperature causes different negative

environmental developments like increased incidence of storms, desertification, range of tropical diseases, melting of the icecaps (increasing water levels) and changes in marine ecosystems. Besides global warming we encounter a lot of different problems as well; Ozone depletion, acid rain, water eutrophication, habitat alteration, photochemical smog and air pollutants, carcinogens and topsoil are a number of these increasing problems. Furthermore the amount of fresh water and fossil materials are becoming scarcer day after day. So the problems are clearly visible, and something needs to be done. We can conclude from the signals of the earth that we are aggravating it already too much and besides this the world population is growing and growing. In the coming thirty years the population might be doubled (from 6 billion to 12 billion people) and it is estimated that we will use twice as much products and services on the average. So in thirty years the population will produce and use four times as much products and services as we do now. If we want to keep the environmental impact the same as today, we have to make products and services with a factor 4 more efficient. This means we can only use 25% of the energy 25% of the material. And when we manage that we are still not on the level we want to be; the target is to reduce the impact on the environment with more than 50% (in 2050). So at the end the challenge is to make the current products in the future almost 10 times more efficient. It is clear that design action is needed.

### **3. DEVELOPMENTS IN EUROPE**

Currently the European Union has got an Environment Directorate-General (DG). The main role of this commission is to initiate and define new environmental legislation and to ensure that agreed measures are put into practice in the EU Member States. The environment DG is based in Brussels and has around 650 staff. The mission statement of the commission is “Protecting, preserving and improving the environment for present and future generations, and promoting sustainable development.” In the following

paragraphs the most important developments and guidelines in the field of industrial design engineering are described.

### **3.1 Europe Climate Change Program**

As discussed earlier, the climate change is a big problem in the world and the European Commission has taken many climate-related initiatives since 1991. The main target is to limit carbon dioxide emissions and improve energy efficiency. The most important measures are a directive to promote electricity from renewable energy, voluntary commitments by carmakers to reduce CO<sub>2</sub> emissions by 25% and proposals on the taxation of energy products. In the commitments by carmakers for example targets are determined about the amount of CO<sub>2</sub> emission per kilometer. Commitments have been concluded with the European (ACEA), the Japanese (JAMA) and the Korean (KAMA) automobile industries. The three commitments contain the same quantified CO<sub>2</sub> emission objective for the average of new passenger cars sold in the European Union, i.e. 140g CO<sub>2</sub>/km. This corresponds with the fleet of new passenger cars put on the market in 2008/2009 will consume an average of about 5.8l petrol/100km or 5.25l diesel/100km.

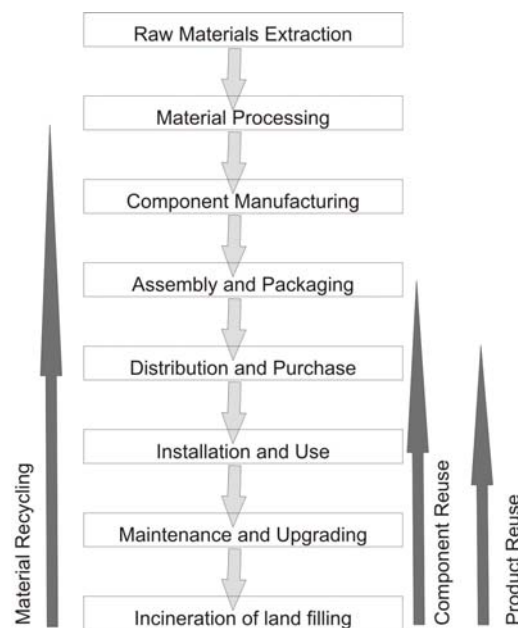
One of the targets is to reduce gas emissions with 8% in 2008-2012 compared with 1990 (Kyoto protocol) levels. The new target for 2030 is set to a reduction of 30%. To reach all these targets, there is a lot of research and developments for alternative energy sources: PV technology, wind energy and human powered products are the main objects in this field.

### **3.2 Integrated Product Policy and the Green Paper on IPP**

The environmental impact of a product is more than the impact in the production phase. Integrated Product Policy seeks to minimize the environmental degradation by looking at all phases of products' lifecycle and takes action where it is most effective. The lifecycle of a product covers all the phases from the extraction of natural resources, material processing, component manufacturing, assembly and packaging, distribution and purchase, installation and use, maintaining and finally disposal as waste or recycling. IPP



attempts to stimulate each part of these individual phases to improve their environmental performance. Because of these many areas, it is not easy to produce one simple policy measure for everything. It is even more difficult because a lot of different actors are involved as well such as designers, industry, marketing people, retailers and consumers. IPP contains a whole variety of tools, but those are still voluntary and mandatory.



These include measures such as economic instruments, substance bans, voluntary agreements, environmental labeling and product design guidelines. The Green Paper builds on extensive consultations and studies and presents ideas for strengthening product-focused environmental policies and assisting the growth of a market for greener products. This green paper suggests methods and ideas for the most important stakeholders. One of the instruments is the stimulation of demands for greener products. Consumers are getting more and more interested in greener products and when they want to purchase a new product they want to be well informed. One of the targets of the green paper is to make this 'green' information easily understandable, accessible and credible. Green labels are already well known, but the Green Paper is trying to examine if these labeling could even be more elaborated. Besides this the Green Paper is trying to get the prices right. Like said before consumers are interested in green products, but two important issues have to be taken into

account. First of all they don't want to change their behavior and secondly they don't want to pay more for a green product. The Commission stated some ideas to make green products in an economical way interesting for the consumer as well. The most important is to make a differentiation between taxations such as reduced VAT rates on eco-labeled products. Finally the Green Paper has a method about strengthening green production. A product has got a lot of phases and each phase can have a certain impact on the environment. Once a product is put on the market, it is difficult –and in some cases even impossible- to reduce its impacts. By focusing on their environmentally friendly design environmental impacts could be prevented. Improving the generation and flow of life-cycle information and encouraging eco-design guidelines are two possible ways to improve eco-design. Besides this it can be worthwhile to look into the possibilities to integrate environmental considerations into the standardization process of a company.

### **3.3 EU Packaging Directive**

The main target of this directive is to harmonize national measures in order to prevent or reduce the impact of the packaging and packaging waste on the environment and to ensure the functioning of the Internal Market. Minimization of noxious and hazardous content is one of the elements, but the suitability for reuse, material recycling, energy recovery or composting are key issues as well. One of the stated targets in 2008 is that the weight of the packaging to be recycled must be more than 55%. Furthermore the weight of the packaging that must be recovered (including for energy) is more than 60%. Right now these targets are set for the packaging industry, but it is not unthinkable this will expand to other product design areas.

### **3.4 Integrated Pollution Prevention and Control**

The IPPC aims to prevent, reduce and eliminate pollution at source through the efficient use of natural resources. The IPPC is based on several principles:

- 1) Integrated Approach. This means that the permits must take into account the whole environmental performance of the plant covering emissions to air, use of water and land, generation of waste and noise, the use of raw materials, prevention of accidents and restoration of the site after closure.
  
- 2) The permit conditions including emissions limit values (ELVs) must be based on Best Available Techniques (BAT), as defined in the IPPC directive. The Commission organizes exchanges of information between experts to assist the licensing authorities and companies to determine BAT.
  
- 3) The IPPC Directive contains elements of flexibility by allowing the licensing authorities, in determining permit conditions, to take into account the technical characteristics of the installation, its geographical location and the local environmental conditions.
  
- 4) In the decision making process the public has a right to participate and has got access to permit applications in order to give opinions.

#### **4. D4S DRIVERS FOR COMPANIES**

Why are companies interested in durable solutions and Design for Sustainability? In first instance there are two main reasons for a company:

1. Risk management in consequence of developments in legislation and stakeholder pressures.
2. Searching in an active way for competitors' advantages by means of durable products or services.

A company can have different motives to *start* with the active approach of durability issues. One of them is the personal passion of the director of the company. (Norms and values). The second one can be a PR crisis when the

reputation, brand or image is jeopardized. The final one is legislation. Existing or new legislations can force a company to start to think in a 'D4S' way.

The drivers for a company to innovate in a durable way can be different as well and in many cases more drivers are interested for a company.

- Legislation (current or upcoming new legislation)
- Cost reduction (in production, at the end of the life span or for the customer)
- Increasing of the market share (existing or new markets)
- Improve or change the image of the company
- Customers demand is increasing
- Improvements of quality
- Get a competitive advantage
- It can be a source for creativity and innovation
- Optimization of the circuit

A number of the drivers mentioned above don't force a company to work on environmental aspects and because of this it is the company's choice to look into more environmental solutions. But new upcoming legislations can really force a company in changing their way of designing and producing. It is important for a company to take into account the developments in the field of legislations. In many cases a business doesn't realize the importance of upcoming legislations and they just wait until new legislations are applied. It is not the first time that it is too late for these companies; they don't have the necessary knowledge for the urgent changes and the competitors who already changed their sight, get an advantage that is really hard (in many cases even impossible) to overtake. This problem is much bigger in developing countries; they see innovations (in a durable) way as something for the far future. "Our company is doing fine right now, so why should I change?" The problem is stated before; the competition is growing, not only national but also international products are becoming easier to purchase for the customer as well. Besides this the legislation is becoming more international as well, and if you want to export your product you have to meet with the valid legislation in the country you want to export to. Many companies in developed countries on the other

hand have often an innovation expert in service, to minimize these dangers and to get a competitors' advantage.

In addition cost reduction is a very essential driver as well. During the innovation of a product of the current portfolio or a new product all aspects of the product life cycle should be taken into account. In the following table the different focal areas are stated with the possible benefits for the environment and costs.

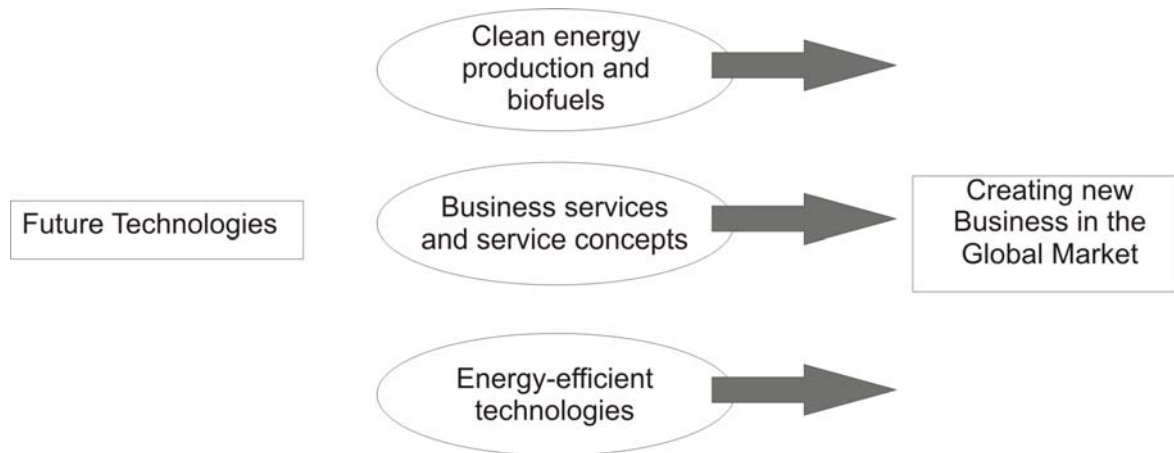
<b>Focal Area</b>	<b>D4S Action</b>	<b>Environmental Benefit</b>	<b>Cost benefit for producer</b>	<b>Cost benefit for user</b>
<b>Energy</b>	More powerful ICs, Miniaturization	Less Energy used	Lower BOM	Lower Electricity Bill
<b>Material</b>	Less Material	Less Resources	Lower BOM	Lower Product Prize
	Material Substitution	Less Impact	Depends	Depends
	Use of Recycled Materials	Closing the Loop	Lower BOM	Lower Product Prize
<b>Packaging and transport</b>	Less Packaging Materials	Less Resources and Waste	Lower Cost	Lower Product Prize
	Less Packaging Volume	Lower Transport Energy	Lower Cost	
<b>Chemical Content</b>	Use mono Materials	Better Recyclability	Volume Discount	Lower Product Prize
	Elimination of Flame Retardants	Better Recyclability	Lower BOM	Lower Product Prize
<b>End-of-life</b>	Design for Disassembly	Higher Recycling yield	Lower assembly cost	Lower end-of-life cost

Table 1: D4S actions and their benefits

So as shown in table 1 environmental solutions come (almost) always with a cost reduction for producer and user as well.

New techniques can be a driver for sustainable innovation as well. Some fossil fuels and raw materials are getting more and more scarce so it is clear that new energy sources and materials are becoming more important in the future. Water- and wind energy, PV technology, solar energy and human powered products will have a big influence in the products and services in the

future. These techniques will improve and become cheaper; so these techniques will be more interesting for companies to use in their (future) portfolio.



Consumers are an important driver as well. There is a worldwide augmentation of the customers' interest in green products; they want to know more about the aspects 'behind' the product. On the other hand few of them want to change their behavior or want to pay more for a green product than for a similar –not green- product. The most interesting aspects by purchasing a new product are still price, functionality and service, environmental aspects come on the fourth place. So durability can be a 'tiebreaker' but for many customers it is still a vague notion. As discussed earlier the European Union is developing some guidelines to communicate greener products better to the customer.

## 5. D4S AT THE TU DELFT

The Design for Sustainability program (DfS) is a section of the faculty of Industrial Design Engineering (IDE) at the Delft UT. The program started as a 4-year project in 1992, with a small group; 4 PhD students, the establishment of a part-time chair in Ecodesign with Philips and a small staff. In the beginning the program was sponsored 50-50% by the university and the government and this program was mainly focused on research. During this research it seemed as en

excellent opportunity for the Faculty of Industrial Design to start working on the environmentally improvement and innovation of products.

Three factors have been crucial for the creation of the program. First of all a Faculty Dean with a vision on relevant future societal developments for the industrial design discipline; Secondly a strong lobby from students worries about the environmental impact of mass consumer goods, and eager to learn how to avoid this problem. And finally a successful national business demonstration project on Ecodesign, under the acronym PROMISE: Product Innovation with the Environment as Innovation Strategy. Today, the department is integrated with the department of Design Engineering of the IDE Faculty with a scientific staff of 20 people, including 10 PhDs from different national backgrounds.

Nowadays the faculty gives several courses in the field of design for sustainability. In the Bachelor phase there is a mandatory course and design project, while in the master course special courses, on Life-Cycle Assessment (LCA) and on Ecodesign implementation in companies are offered. Most of these courses are electives

Next to education, DfS has a strong research portfolio in the areas of renewable energy, sustainable water use, health care and medesign, innovative product-service systems and products from sustainable renewable materials like cork and bamboo. The research is being executed in close cooperation with innovative regions within The Netherlands and Europe, with industry, and with international organizations such as the United Nations and the European Commission.

### **5.1 D4S in developing countries.**

D4S is not only important in developed countries and should be taken into account in companies in developing economies as well. The last decade, the importance of product innovation in developing regions is rapidly growing. In India, for example, product innovation has become an important discipline, especially after the Indian market opened to international competition. Not only large corporations, but also small and medium sized industries will need to

focus on product development as well. As part of the product innovation strategies, products tend to be 'benchmarked' or copied from those existing on the market.

The D4S program of Delft UT has executed many projects and programs in Latin America, Africa and Asia in collaboration with local partners, industry, and international development aid organizations, and new projects are started regularly. The results show that many companies can successfully apply product innovation, leading to economic, environmental and social benefits.

On the basis of these results, D4S in collaboration with UNEP (United Nations Environment Program) has developed a practical approach on D4S in developing economies (Crul and Diehl, 2006). It includes a stepwise approach for (re)designing products with the three most important factors around the product taken into account; namely People, Profit and Planet. Also, attention is given to a productive and intelligent way of benchmarking products. Also, many examples and case studies are given to stimulate the thinking on D4S.

## **6. D4S IN THE FUTURE**

D4S will continue to elaborate its research capabilities along the indicated tracks, in line with the new vision of the faculty and with a strong international focus. Due to the many drivers D4S is becoming more and more important and should be implemented in every new (re)design of a product or product-service system. It is just as important –and perhaps even more important- than other aspects of a product like aesthetics and ergonomics.

## **7. RESOURCES**

M.R.M. Crul and J.C. Diehl (2006) *Design for Sustainability: A practical approach for Developing Economies*. UNEP Paris

Focus article on D4S (<http://www.nxtbook.com/ml/gf3/fusion3ed1/index.php>)

<http://www.ec.europa.eu/environment>



## IV. Preocupações Ambientais no Desenvolvimento de Produtos

Reidson Pereira Gouvinhas

Engenheiro Mecânico pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1988), Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1991) e Doutor em Engenharia do Produto - Cranfield University (1998). Professor associado I da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de Engenharia de Produto, com ênfase em Metodologia de Projeto do Produto, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão do conhecimento aplicado ao processo de desenvolvimento de produtos, Ecodesign e Marketing de Produtos Ambientais, Produção Mais Limpa e Design para Usabilidade.

---

### Resumo

Este artigo faz uma evolução histórica das preocupações ambientais no sistema produtivo abordando aspectos como a Agenda 21 e a série de Conferências das Nações Unidas. A seguir é feita uma abordagem sobre as condições de contorno que envolve toda a temática do meio ambiente no contexto produtivo apresentando uma conceituação do Ecodesign no desenvolvimento de produtos bem como as principais barreiras e oportunidades para a sua implementação nas empresas. Em seguida é abordado a “Roda da Estratégia” quando são discutidos detalhadamente os princípios fundamentais para a aplicação do Ecodesign nas diversas etapas do ciclo de vida dos produtos. O artigo finaliza com a percepção de que a questão ambiental cada vez mais se tornará uma variável fundamental para a definição de estratégias de produção, mas que deve ser combinada com outros interesses mercadológicos tais como o adequado controle custos, a melhoria da qualidade dos produtos e dos processos produtivos e uma resposta rápida no atendimento das necessidades dos consumidores.

**Palavras-chave:** Ecodesign, princípios, Roda da Estratégia

### Environmental Concerns in the Product Development

#### Abstract

This paper makes a historical study regarding environmental concerns related to the production system considering aspects such as Agenda 21 in a series of United Nation Conferences. Based on that, it is analysed the major constraints related to environmental concerns applied to the manufacturing sector including the concept of Ecodesign as well as its barriers and opportunities for implementation within companies. This study is followed by the Strategic Wheel analysis when the main principles and application of Ecodesign are discussed with details during the product life cycle phases. The article finishes its analysis considering that the environmental concerns will become imperative within the next years in order to establish a new order of production while other aspects such as cost reductions, quality improvements and rapid response to customer's demands will remain important market aspects to consider.

**Keywords:** Ecodesign, principles, Strategic Wheel

## 1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DAS PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS

Com o advento da Revolução Industrial no Séc. XVIII, o modelo da sociedade para a produção e consumo de bens de produção passou por uma mudança significativa. Desde então, a capacidade de produção que antes estava delimitada pelos níveis de produção artesã, passou a ser delimitada pela capacidade produtiva das máquinas, atingindo níveis de produção nunca visto antes. Neste contexto, o conceito de “produção em massa”, surge como uma nova referência de produção e consumação de bens desde então.

Ainda que a questão ambiental tenha ganho interesse público maior nos últimos 30 anos, esta questão está longe de ser nova. Desde meados do Séc.18, já havia relatos de problemas ambientais de contexto localizados ou regionalizados, e ainda insignificantes a nível global. No começo da década de 70, houve de fato, um significativo avanço nas preocupações ambientais, quando a questão ambiental passou a ser uma tendência predominante no questionamento público. Carson em 1962, em seu livro “Silent Spring”, apontava os impactos dos desastres ambientais para o mundo (Carson, 1962). É neste período, que surgem organizações como o “Greenpeace” e o “Friends of the Earth”. Contudo, estes eram vistos como fanáticos e extremistas, não sendo levados a sério pela sociedade.

A Conferência de Estocolmo realizada em 1972 na Suécia, foi o marco inicial onde a questão ambiental tornou-se verdadeiramente global e passou a fazer parte definitiva das negociações internacionais. Nos anos 80, a preocupação com o meio ambiente tornou-se de fato, parte importante na agenda política mundial. Os problemas ambientais que antes eram observados localmente, passaram a ser mais globais e previsíveis (Jernelov apud Lagerstedt, 2000). Em 1982 pela iniciativa da ONU, foram comemorados, em Nairóbi, os dez anos da Conferência de Estocolmo, entrava em cena uma nova e mais contundente constatação: o agravamento das questões ambientais globais indicava que o nível das atividades humanas (a economia global) já excedia, em algumas áreas a capacidade de assimilação da natureza. Para tanto, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente produziu em 1987 o que ficou conhecido como o relatório “Nosso Futuro Comum”, também chamado de “Relatório Bruntland”. Neste relatório, surge pela primeira vez o conceito de

“desenvolvimento sustentável” importantíssimo na busca do equilíbrio entre desenvolvimento e preservação dos recursos naturais.

Os anos 90 foram de real e mais significativo objeto de atenção no cenário mundial sobre a discussão em torno dos impactos ambientais globais pela sociedade em geral, além de chefes de nações, empresários, grupos de ambientalistas e a comunidade científica. Estas discussões se deram em eventos imprescindíveis como a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD, também conhecida como Conferência do Rio ou Eco-92, realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992. Outro grande evento deste mote, foi o que ficou conhecido como o “Protocolo de Kioto” para a Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, em dezembro de 1997.

Foi ainda nesta década, que os impactos ambientais tem sido identificados e relacionados ao produto em si, como por exemplo o seu uso e o seu descarte, e não somente ao seu processo de produção. Deste modo, o produto tornou-se o foco dos questionamentos a nível mundial e a proteção ambiental tem sido relacionado como uma questão estratégica pelas indústrias (Ryding apud Lagerstedt, 2000). Diante disto, no atual cenário industrial, tem surgido cada vez mais discussões em como desenvolver produtos que possam eliminar ou minimizar os impactos ambientais no meio ambiente, que possam advir do seu ciclo de vida. Agora, não só mais considerando a fase de manufatura dos produtos, mas outras fases igualmente importante do ciclo de vida tais como a distribuição, o uso e o descarte final.

A essa nova e em evolução, metodologia de gestão de desenvolvimento de produto, foi o que convencionou-se chamar de Ecodesign ou Projeto para o Meio Ambiente. Surge assim uma nova especialização do processo de Design e um novo enfoque ao processo de desenvolvimento de produto.

Assim, entende-se o Ecodesign como uma filosofia aplicada ao desenvolvimento de produtos benignos ao meio ambiente e que pode ser empregada como uma estratégia empresarial voltada ao desenvolvimento de produto e serviços em todos os segmentos industriais existentes, sejam elas micros, pequenas, médias ou grandes empresas. Deste modo, independente

do tamanho da empresa, é fundamental que se desenvolvam estratégias de melhor eficiência ambiental e que confira aos produtos desenvolvidos, uma otimização dos recursos naturais utilizados.

## **2. O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A AGENDA 21**

As preocupações ambientais vem sendo questionadas a nível mundial desde a década de 70 principalmente com a crise mundial do petróleo. Desde então, as preocupações ambientais que antes eram regionalizadas, passaram a serem problemas globais a serem enfrentados. Neste contexto, o ponta-pé inicial foi dado pela conferência de Estocolmo, promovida pelo organismo da ONU que trata do meio ambiente, o PNUMA.

A conferência de Estocolmo, em 1972, foi a primeira a tratar das relações entre o homem e o meio ambiente. Esta teve como objetivo conscientizar os países sobre a importância de promover a limpeza do ar nos grandes centros urbanos, a limpeza dos rios nas bacias hidrográficas mais povoadas e o combate à poluição marinha. Poluição foi a palavra-chave nesta conferência.

A partir da Declaração de Estocolmo, a questão ambiental tornou-se uma preocupação verdadeiramente global e passou a fazer parte das negociações internacionais de forma definitiva. A primeira ação foi a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA com sede em Naeróbi, Quênia, criado ainda em 1972 como um instrumento institucionalizado para se tratar da questão do meio ambiente no âmbito das Nações Unidas.

No contexto da Conferência de Estocolmo, as temáticas dominantes merecedoras de discussão foram o crescimento populacional, o aumento dos níveis de poluição e o esgotamento das fontes de recursos naturais como o petróleo, cobre entre outros. Já em 1982, quando foram comemorados os dez anos da Conferência de Estocolmo pela ONU em Naeróbi, uma nova e ainda mais preocupante constatação. O agravamento das questões ambientais globais, indicava que o nível das atividades humanas já exercia, em algumas regiões, a capacidade de assimilação da natureza. Sendo assim, a ameaça do

esgotamento das fontes de recursos naturais somou-se a preocupação com os limites de absorção dos resíduos das atividades humanas, de controle muito mais difícil e complicado. Com o crescimento populacional acelerado, a grave crise urbana que já passa até os países ditos desenvolvidos fruto desse crescimento populacional desenfreado, o crescimento da pobreza reduzindo a possibilidade do uso racional dos recursos naturais, associado a crescente redução na disponibilidade de água para as atividades humanas e a grande disparidade nos níveis de consumo de recursos entre os países industrializados e os ditos em desenvolvimento, surgiu uma nova referência para o processo de desenvolvimento econômico e sua relação com o meio ambiente. Nesse sentido, em 1987, por intermédio da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente, surge pela primeira vez o termo “desenvolvimento sustentável” presente no Relatório de Brantland também conhecido como Relatório “Nosso Futuro Comum”. Neste relatório, desenvolvimento sustentável é então conceituado como:

*“... desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de encontrar as suas”*  
(Bruntland apud Lagerstedt, 2000).

O Relatório Bruntland faz parte de uma série de iniciativas, anteriores a Agenda 21, as quais reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de sobrevivência dos ecossistemas. O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes.

O conceito de desenvolvimento sustentável está fundamentalmente alicerçado em três princípios fundamentais: proteção ambiental, estabilidade econômica e responsabilidade social. Estes elementos-chave não devem ser buscados isoladamente, mas de uma maneira integralizada e sistematizada. Portanto, o desenvolvimento sustentável além de lidar com as questões ambientais, tecnológica e econômica, envolve agora, novos fatores como o cultural e político, exigindo a participação ampla e democrática na tomada de

decisões para as mudanças indispensáveis. Ações para estas mudanças podem se traduzir em (Castro, 1998):

- Estabilização em curto prazo da população mundial;
- Redução da pobreza;
- Novo estilo de vida, poupador de energia e de recursos naturais, principalmente por parte das populações dos países desenvolvidos, maiores responsáveis pela degradação ambiental do planeta, até o momento;
- Aceleração no desenvolvimento de tecnologias que aumentem ainda mais a eficiência da utilização de energia e do consumo de recursos naturais nas atividades econômicas;
- Ação educacional em todos os níveis nos países em desenvolvimento buscando direcionar ações indispensáveis ao processo de transição em direção ao desenvolvimento sustentável;
- Inclusão das preocupações ambientais e econômicas em todos os níveis de tomada de decisão;
- Redução dos gastos militares com o fortalecimento das Nações Unidas;
- Estabelecimento de políticas em nível local, nacional e internacional que busquem as mudanças exigidas para o desenvolvimento sustentável.

Após a divulgação do Relatório “Nosso Futuro Comum”, as Nações Unidas convocaram para junho de 1992, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente – CNUMAD. A Conferência do Rio ou ECO’ 92 como também ficou conhecida, teve como objetivo-chave discutir as conclusões e propostas do relatório que introduziu o conceito de desenvolvimento sustentável. Desta conferência, documentos fundamentais ao conceito de desenvolvimento sustentável foram produzidos (Castro, 1998):

- Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ou “Carta da Terra”. Este documento foi constituído de 27 princípios básicos, buscando uma nova e justa parceria global mediante a criação de novos níveis de cooperação entre os países, envolvendo também os setores mais importantes da sociedade e a população;

- Declaração sobre florestas;
- Convenção sobre a Diversidade Biológica;
- Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas, com o intuito de estabilizar os níveis de concentração dos gases causadores do “efeito estufa”;
- Agenda 21. Um amplo programa de ação com a finalidade de dar efeito prático aos princípios estabelecidos e aprovados na Declaração do Rio.

Dentre as diversas convenções das Nações Unidas para o Meio Ambiente, destacou-se o Protocolo de Kyoto para Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, em dezembro de 1997. O Protocolo de Kyoto representou o histórico ponto de redefinição dos padrões de crescimento mundial ao incorporar a primeira definição oficial, baseada em dados científicos, do conceito de desenvolvimento sustentável. Este Protocolo teve e está tendo, um impacto considerável sobre questões de meio ambiente, energia, comércio e padrões de comércio e de consumo em escala mundial (Castro, 1998). Em seguida, trataremos da Agenda 21 global como uma ação concreta da tradução do conceito de desenvolvimento sustentável.

## **2.1 Agenda 21 Global**

A agenda 21 global é um plano de ação estratégico, que constitui a mais ousada e abrangente tentativa já feita de promover, em escala global, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Trata-se de uma decisão consensual extraída de um documento de quarenta capítulos, para o qual contribuíram governos e instituições da sociedade civil de 179 países, envolvidos, por dois anos, em um processo preparatório que culminou com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD, em 1992, no Rio de Janeiro.

A agenda 21 global indica as estratégias para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado. Nesse sentido, identifica atores e parceiros, metodologias para obtenção de consensos e os mecanismos

institucionais necessários para sua implementação e monitoramento. Para tal, a Agenda 21 Global está estruturada em quatro seções (Ministério do Meio Ambiente, 2002):

- *Dimensões sociais e econômicas.* Seção onde são discutidas as políticas internacionais que podem ajudar a viabilizar o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento; as estratégias de combate à pobreza e à miséria; a necessidade de introduzir mudanças nos padrões de produção e consumo; as inter-relações entre sustentabilidade e dinâmica demográfica; e as propostas para a melhoria da saúde pública e da qualidade de vida dos assentamentos humanos;
- *Conservação e gestão dos recursos para o desenvolvimento.* Diz respeito ao manejo dos recursos naturais (incluindo solos, água, mares e energia) e de resíduos e substâncias tóxicas de forma a assegurar o desenvolvimento sustentável;
- *Fortalecimento do papel dos principais grupos sociais.* Aborda as ações necessárias para promover a participação, nos processos decisórios, de alguns dos segmentos sociais mais relevantes. São debatidas medidas destinadas a garantir a participação dos jovens, dos povos indígenas, das ONGs, dos trabalhadores e sindicatos, dos representantes da comunidade científica e tecnológica, dos agricultores e dos empresários (comércio e indústria);
- *Meios de implantação.* Discorre sobre mecanismos financeiros e instrumentos jurídicos nacionais e internacionais existentes e a serem criados, com vistas à implementação de programas e projetos orientados para a sustentabilidade.

O texto da Agenda 21 contém ainda os seguintes conceitos-chave, os quais representam os fundamentos do desenvolvimento sustentável (Ministério do Meio Ambiente, 2002):



- *Cooperação e parceria.* A cooperação entre países, entre os diferentes níveis de governo, nacional e local, e entre os vários segmentos da sociedade é enfatizada, fortemente, em todo o documento da Agenda 21;
- *Educação e desenvolvimento individual.* Agenda 21 destaca, nas áreas de programa que acompanham os capítulos temáticos, a capacitação individual, além de ressaltar a necessidade de ampliar o horizonte cultural e o leque de oportunidades para os jovens;
- *Eqüidade e fortalecimento dos grupos socialmente vulneráveis.* Essa premissa, que permeia quase todos os capítulos da Agenda 21, reforça valores e práticas participativas, dando consistência à experiência democrática dos países. Todos os grupos, vulneráveis sob os aspectos social e político, ou em desvantagem relativa, como crianças, jovens, idosos, deficientes, mulheres, populações tradicionais e indígenas, devem ser incluídos e fortalecidos nos diferentes processos de implementação da Agenda 21 Nacional, Estadual e Local. Esses processos requerem não apenas a igualdade de direitos e participação, mas também a contribuição de cada grupo com seus valores, conhecimentos e sensibilidade;
- *Planejamento.* O desenvolvimento sustentável só será alcançado mediante estratégia de planejamento integrado, que estabeleça prioridades e metas realistas. Portanto, esse conceito demanda o aprimoramento, a longo prazo, de uma estrutura que permita controlar e incentivar a efetiva implementação dos compromissos originários do processo de elaboração da Agenda 21;
- *Desenvolvimento da capacidade institucional.* A Agenda 21 ressalta a importância de fortalecer os mecanismos institucionais por meio do treinamento de recursos humanos. Trata-se, em outras palavras, de desenvolver competências e todo o potencial disponível em instituições governamentais e não-governamentais, nos planos internacional, nacional, estadual e local, para o gerenciamento das mudanças e das muitas atividades que serão solicitadas.
- *Informação.* A Agenda 21 chama a atenção para a necessidade de tornar disponíveis bases de dados e informações que possam subsidiar a tomada de decisão, o cálculo e o monitoramento dos impactos das atividades humanas no meio ambiente. A reunião de dados dispersos e setorialmente

produzidos é fundamental para possibilitar a avaliação das informações geradas, sobretudo nos países em desenvolvimento.

### **3. A PRESSÃO SOBRE O RAMO INDUSTRIAL NO QUE TANGE A ASPECTOS AMBIENTAIS**

Nos últimos dez anos tem-se aumentado muito as exigências ambientais junto a indústria. O meio ambiente não é mais visto como um recurso a ser utilizado de forma descontrolada e irracional. Empresas começam a encarar a preocupação ambiental como uma oportunidade de novos negócios. Esta talvez tenha sido uma das grandes mudanças em termos de visão em negócios nos últimos cinquenta anos.

Isto ocorre particularmente devido a um crescente nível de preocupação e exigência do mercado consumidor com respeito a questões ambientais. As pessoas estão mais conscientes da importância de um manejo adequado para o meio ambiente como forma de garantir um futuro salutar para gerações futuras.

Além da pressão do mercado há uma crescente pressão em termos de legislação ambiental. Existem atualmente 200 novas legislações abordando questões ambientais em tramitação no Parlamento Europeu. Muitas delas terão impacto direto em como produtos devem ser desenvolvidos e suas consequências para o meio ambiente após a sua vida útil.

Essas novas legislações abordam basicamente dois aspectos principais. O primeiro deles está relacionado ao impacto ambiental do produto considerando uma visão mais holística direcionando a análise para opções de menor impacto ambiental possível. Esta visão fortalece o uso de ferramentas abordando o “ciclo de vida” do produto. O segundo aspecto sugere que são as empresas as responsáveis pelos seus produtos e embalagens que desenvolvem.

No Brasil, o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) tem trabalhado no sentido de regulamentar, através de resoluções a responsabilidade dos fabricantes com relação aos impactos ambientais

causados por seus produtos. Como exemplo pode-se citar a resolução número 251 que estabelece critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento para veículos automotores do ciclo diesel; a resolução 257 que disciplina o descarte e gerenciamento ambiental adequado de pilhas e baterias usadas no que tange a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final; a resolução 258 que obriga os fabricantes e importadores de pneus a coletar e dar destino final ambientalmente adequado aos pneus inservíveis existentes em todo território nacional.

Pressões financeiras também tem forçado empresas a direcionar seus esforços em aspectos ambientais. Primeiro introduzindo mecanismos econômicos que forcem a que os poluidores pagem caro por danos causados ao meio ambiente. Em segundo responsabilizando pessoalmente diretores e gerentes por danos causados ao meio ambiente devido a descuidos na fabricação e disposição do produto após seu ciclo de vida útil.

#### **4. O MEIO AMBIENTE COMO VARIÁVEL IMPORTANTE PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Os problemas ambientais decorrentes das atividades de produção industrial têm sido fundamentalmente debatidos a partir da década de 90, onde procurou-se chegar a um entendimento com o intuito de gerar soluções para, se não eliminar, minimizar o impacto de suas atividades no meio ambiente. Os impactos ambientais gerados pela poluição dos corpos hídricos, do ar e do solo, fruto do lançamento dos seus resíduos industriais e associado a isto, a consumação exarcebada de bens de consumo dentro da filosofia do “consumir mais para produzir mais”, tem sido fatores-chave para se pensar em solucionar tais impactos.

Neste sentido, da conscientização desta problemática ambiental e das atividades daí derivadas, soluções do tipo “fim-de-tubo” foram primeiramente empregadas na tentativa de eliminar ou minimizar a poluição causada pelo lançamento inadequado dos dejetos industriais. Porém, soluções desta natureza são consideradas onerosas frente ao benefício esperado pelo emprego de tais dispositivos. Como exemplo clássico disso, foram os filtros de

chaminés desenvolvidos para serem instalados na interface da unidade de produção com o meio ambiente exterior.

Não atendidos os dispositivos de “fim-de-tubo” como uma solução viável do ponto de vista técnico e econômico, outras soluções foram pensadas para atacar este problema. Assim, o foco de abordagem do problema foi “interiorizado” para a instalação fabril, ou seja, para o processo de produção das indústrias e não mais para a interface desta com o meio exterior. Isto implica dizer que, o processo de produção precisou ser repensado para se buscar a otimização no emprego das matérias-primas utilizadas e ao mesmo tempo não gerar resíduos ou ainda minimizá-los, para que desse modo, possa ser evitado ou minimizado os lançamentos no meio ambiente, e além disso, proporcione um benefício econômico para a empresa pela eficiência do processo. A esta metodologia que foca o processo de produção para a eficiência ambiental e econômica foi denominada de “produção mais limpa” (PmaisL, 2003).

Por fim, a conscientização crescente acerca dos problemas ambientais a nível global, tem levado a uma reorientação de novas exigibilidades por parte da sociedade (novas tendências de comportamento social). Assim sendo, esta sociedade, tem cada vez mais se identificado como um consumidor “limpo”. Ou seja, a fronteira do problema ambiental deixa de se delimitado somente pela unidade de produção e extrapola para os aspectos gerais do ciclo de vida do produto. Assim, aspectos como o uso do produto e o fim-de-vida do mesmo, são cada vez mais cobrados por esses consumidores desejosos dos requisitos de qualidade, responsabilidade social e eficiência ambiental esperados para o produto.

Dentro desta nova filosofia, onde a unidade de produção deixa de ter o comprometimento unicamente com a geração de riqueza, passando a ter agora a responsabilidade do reflexo social advindo desta geração de riqueza, é que surge uma nova competência do desenvolvimento de produto chamado de “projeto para o meio ambiente” ou ainda conhecido como “Ecodesign” ou “Design for Environment – DfE”.

Desse modo, o Ecodesign surge como uma estratégia imprescindível no processo de desenvolvimento de produtos, uma vez que objetiva direcionar a fase de projeto conceitual do mesmo, um conjunto de especificações de cunho ambiental que foram observados antecipadamente em cada etapa do ciclo de vida deste produto, com o intuito de que o mesmo procure causar o mínimo de impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida. Para isto, ferramentas como o ACV – Análise do Ciclo de Vida, são vitais na identificação dos impactos ambientais e de suas magnitudes, que serviram de subsídios para se projetar ou reprojetar produtos de melhores performances ambientais.

Observa-se que, ao considerar a abordagem do Ecodesign, todo o ciclo de vida, inclusive a fase de uso e o descarte do produto, é contemplado na identificação e quantificação de tais impactos. Entende-se assim que, o enfoque da Produção mais Limpa se restringe ao processo de produção na manufatura do produto, conferindo uma melhoria na performance ambiental do produto e da empresa como um todo, mais limitado no que se poderia ser alcançados pelo enfoque do Ecodesign.

#### **4.1 O Conceito do Ecodesign e sua Relevância para o Desenvolvimento de Produtos**

A questão ambiental no contexto empresarial, não deve ser visto somente como uma adequação e cumprimento à legislação ambiental, mas ainda como um estímulo em se buscar a cultura de inovação na empresa e ganhos comerciais pela consideração de estratégias dessa natureza. Neste sentido, os negócios de abrangência internacional tem prestado atenção para a mudança do foco que preocupação ao atendimento somente à legislação, para uma gestão ambiental dirigida ao produto como parte maior do negócio das empresas. Isto é observado particularmente nos países do norte europeu, nos Estados Unidos e Japão, onde a crescente exigibilidade da legislação ambiental tem levado as empresas a terem a iniciativa em desenvolver produtos novos e otimizados tornando-se líderes em mercados bastante competitivos.

Na literatura pertinente a temática do Ecodesign, alguns pesquisadores assim o definem:

- “Ecodesign é um elemento-chave em direção ao Desenvolvimento Sustentável, tendo o potencial de reduzir o impacto ambiental dos produtos e ao mesmo tempo, alcançar oportunidades reais para as indústrias além dos padrões atuais de exigibilidade” (Lofthouse et al., 1999);
- “Ecodesign é um enfoque dado no Desenvolvimento do Produto, onde todos os impactos ambientais do produto são considerados em todo o ciclo de vida do produto deste produto” (Dewberry & Goggin, 1996);
- “Ecodesign são ações tomadas no processo de desenvolvimento do produto, visando a minimização dos impactos ambientais do produto ao longo de todo o seu ciclo de vida, sem comprometer outros requisitos fundamentais esperados para o produto tais como: performance funcional e custo de produção” (Johansson, 2002);

Da definição destes autores, verifica-se que o intuito do Ecodesign é desenvolver um produto que se preocupe em minimizar, ou até eliminar, os impactos ambientais em todas as etapas do seu ciclo de vida, ao mesmo tempo em que os aspectos tradicionais como melhoria da qualidade e redução de custos, continuam a ser levados em consideração no processo de desenvolvimento de produtos.

Desse modo, a abordagem do Ecodesign se insere como uma parte integrante do processo tradicional do Desenvolvimento de Produto nas empresas, incluindo-se aí, o desenvolvimento do projeto conceitual, de protótipos, de projeto executivo e o do desenvolvimento de estratégias de Marketing. Assim o Ecodesign não se limita ao produto em si, mas no contexto das estratégias de negócios das empresas.

Para o sucesso da consideração do Ecodesign no contexto do Desenvolvimento de Produto, os desenvolvedores de produtos e designers tem um papel importante a desempenhar neste processo. São estes profissionais que tem a missão de ser um colaborador essencial no sentido de ensinar, compartilhar, envolver outras equipes de projeto, inovar e traduzir as necessidades do mercado para se repensar ou até mesmo reconfigurar o

processo de desenvolvimento do produto em todos os aspectos concorrentes, e não somente o ambiental. Considerações estas, esperadas aos desenvolvedores e designers, são fundamentais no enfoque multidisciplinar para uma abordagem bem sucedida do Ecodesign, além de procurar maximizar a performance ambiental e comercial por intervenções dirigidas ao produto. Os principais “atores” que de uma forma direta ou indireta contribuem para o sucesso da inserção do Ecodesign no processo de desenvolvimento do produto, serão tratados com mais profundidade no item 2.5.7.

Embora haja muitos centros de pesquisas ao redor do mundo que desempenham um papel ativo no estudo referente ao Ecodesign, as indústrias através, de seus centros tecnológicos, ainda são as maiores contribuidoras neste sentido. Segundo Lewis e Gertsakis (2001), a consciência de um mercado voltado à exportação, os consumidores “verdes” e a pressão cada vez maior dos movimentos ambientalistas e de outras organizações não-governamentais direcionadas a conscientização dos consumidores (ONGs), tem levado muitas empresas, atuantes no Estados Unidos tais como: Xerox, Hewlett-Packard, 3M, AT&T , IBM, entre outras, a terem uma reputação a nível mundial por incorporarem os princípios do Ecodesign em suas empresas e ainda tornaram-se um referencial de excelência, ao encorajar outras empresas a terem atitudes semelhantes.

Em suma, os princípios do Ecodesign se baseiam na filosofia de que “prevenir é melhor que remediar”. Assim sendo, o grande desafio do Ecodesign é fazer valer a funcionalidade do produto enquanto simultaneamente minimiza os impactos ambientais do ciclo de vida do produto e ainda maximiza a competitividade do negócio da empresa.

Em síntese, a atividade de Design for Environment (DEF) deve ser vista não só como uma ferramenta importante para se reduzir os custos, melhorar a qualidade dos produtos e considerar aspectos ambientais, mas também como uma forma de contribuir significativamente no estabelecimento de novas estratégias de mercado que são fundamentais para que as empresas se tornem cada vez mais competitivas.

Para que possamos melhor detalhar o conceito de “Ecodesign”, é importante analisar primeiramente a visão do que seja “Design” e suas percepções para a atividade comercial de uma empresa.

## 4.2 O que é Design ?

O termo ‘Design’ geralmente é interpretado de varias formas, uma vez que engloba as mais variadas áreas do conhecimento tais como a engenharia, o desenho industrial e a moda, passando pelo desenho gráfico, desenho de interior e arquitetura, entre outras.

Na verdade, a percepção do Design está geralmente associada aos diferentes aspectos observados nos produtos. Por exemplo, ao se considerar os aspectos relacionados com a forma do produto tais como a aparência, o estilo, a embalagem, a cor, o acabamento etc. O Design é também geralmente associado aos aspectos tecnológicos dos produtos, como por exemplo a eficiência, a performance, a funcionalidade, durabilidade, inovação etc. Uma terceira associação que se faz ao Design é aquela relacionada aos aspectos mercadológicos como o logotipo da empresa, o baixo consumo de energia associado a um determinado produto, ao preço de venda etc. Novas visões de Design vêm surgindo com o avanço da tecnologia, tais como o Web Design. Ocorre que, em todos os aspectos discutidos até agora, o Design está associado ao produto final e não ao seu processo de desenvolvimento. Avalia-se que este processo de desenvolvimento deve apresentar algumas características fundamentais, tais como ser:

- ◆ **Sistemático** – O desenvolvimento do Design deve ser sistemático no sentido de se utilizar procedimentos metodológicos, desenvolvidos cientificamente, com o intuito de guiar o projetista a soluções rápidas e precisas. Tal procedimento ajuda o projetista a avaliar com mais eficácia cada etapa do desenvolvimento de produtos reduzindo assim, a probabilidade de “erros” e subsequente revisões no projeto.



- ◆ **Criativo** – O processo de Design deve também ser criativo. Neste sentido procura-se desenvolver técnicas que possam auxiliar o projetista na proposição de novas soluções a novos e/ou antigos problemas. Apresentar soluções criativas é atualmente um dos mais importantes aspectos de competitividade.
  
- ◆ **Multidisciplinar** – O trabalho do desenvolvimento do Design não deve ser atribuído a um único profissional somente. Ao se desenvolver um produto, é importante o envolvimento dos diversos departamentos da empresa como por exemplo marketing, produção, vendas, projeto, inspeção, assistência-técnica etc. Devido a essa característica multidisciplinar, a atividade de Design tem uma grande influência nas diversas etapas do desenvolvimento de um produto.
  
- ◆ **Pró-Ativo** – O Design também deve ser visto como um processo pró-ativo, no sentido de antecipar possíveis problemas que possam ocorrer nas etapas subsequentes do desenvolvimento de produtos. Desta forma, pensar antecipadamente em como o produto será fabricado, montado, inspecionado, transportado entre outros, pode ajudar na avaliação do desenvolvimento de um produto.
  
- ◆ **Iterativo** – Deve-se destacar que este processo deve ser iterativo. Isto é, não se deve esperar que as diversas etapas do desenvolvimento de produtos sejam realizadas de forma independente. Na verdade, decisões tomadas em etapas iniciais no Design de produtos, podem e devem ser revistas em etapas subsequentes. Todo o processo deve ser reavaliado constantemente com o intuito de reduzir o maior numero de “erros” possíveis.

Em essência, o Design deve ser visto como um processo que engloba todos os aspectos vistos até agora, com o objetivo de se concretizar uma idéia e/ou demanda do mercado consumidor em um produto e/ou serviço, para que este seja bem sucedido comercialmente.

## **5. PROJETO DE PRODUTOS CONSIDERANDO-SE ASPECTOS AMBIENTAIS (ECODESIGN)**

Ecodesign é a integração sistemática de aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos. Por oferecer uma nova perspectiva para empresas, o Ecodesign pode se tornar a ser uma ferramenta importante para torna-la mais competitiva e inovadora, como também mais responsável com respeito a questões do meio-ambiente.

O Ecodesign apresenta uma estrutura organizada de tal forma que empresas possam integrar a maioria dos aspectos relacionados ao desenvolvimento sustentado como por exemplo, prevenção da poluição e produção limpa.

### **5.1 Benefícios do Ecodesign**

O Ecodesign oferece a oportunidade a empresas de aprimorar a sua performance ambiental. Empresa que aplicam o Ecodesign podem obter os seguintes benefícios:

#### *5.1.1 Redução do impacto ambiental de seus produtos/processos.*

Através da redução do impacto ambiental de seus produtos e processos, o Ecodesign permite as empresas a:

1. Estar operando de acordo com as legislações ambientais vigentes.
2. Reduzir as incertezas com respeito a futuros requisitos ambientais.
3. Melhorar seu acesso a financiamento e apólices de seguro.
4. Alcançar uma melhor relação com a comunidade em que está inserida
5. Contribui para uma melhoria ambiental local, regional e global.

### *5.1.2 Obtém uma perspectiva sistemática*

O Ecodesign está forçado em todo o ciclo de vida do produto, ajudando as empresas a criarem elos entre o desenvolvimento de produtos, a cadeia de fornecedores e vendas/marketing, e assim melhorando:

1. Em termos gerais, uma visão sistemática das operações da empresa
2. Um mecanismo de grupos de trabalhos interligados, proporcionando uma melhoria contínua dos produtos desenvolvidos.

### *5.1.3 Motiva o desenvolvimento de bons projetos de produto e impulsiona a inovação.*

Através da incorporação do Ecodesign no desenvolvimento de seus produtos e processos, a empresa ganha novas perspectivas no estabelecimentos de suas práticas, resultando em novas idéias e soluções.

1. Novas concepções para seus produtos/serviços
2. Técnicas alternativas de produção.
3. Aumento do envolvimento do empregado nas decisões da empresa.
4. Aumento/estimulo da criatividade.

### *5.1.4 Reduz custos*

O Ecodesign procura criar formas de se reduzir custos em todas as etapas do ciclo de vida do produto e garantir um grande redução nos efeitos ambientais por cada quantia monetária investida. Os resultados são:

1. Redução nos custos de produção.
2. Aumento da qualidade do produto.
3. Retorno contínuo do investimento aplicado.
4. Otimização do consumo de matéria-prima e energia.

*5.1.5 Atende as necessidades/desejos dos consumidores excedendo as suas expectativas com relação a preço, performance e qualidade.*

No mundo atual, existe um crescente aumento de demanda de novos produtos e serviços desenvolvidos com preocupações ambientais. Incorporar o Ecodesign no desenvolvimento de produtos pode ajudar empresas a:

1. Atender as novas exigências do mercado global.
2. Diferenciar seus produtos aos da concorrência.
3. Melhorar a imagem da empresa e chamar a atenção do mercado consumidor.
4. Atrair novos investimentos.
5. Melhorar o marketing de seus produtos

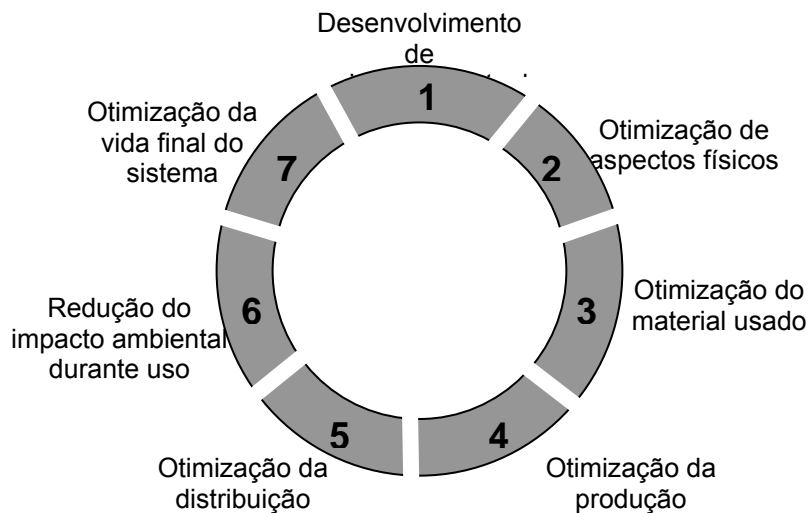
O Ecodesign pode também ajudar a estabelecer uma estratégia de longo alcance para os futuros produtos da empresa. Uma visão geral sobre as diversas estratégias que a empresa pode adotar é descrita nas seções subsequentes.

## **5.2 Estratégias adotadas pelo Ecodesign**

A “Roda Estratégica” para o Ecodesign, constitui-se de uma estrutura que pode ser usada sistematicamente para rever todo o ciclo de vida do produto. Esta ferramenta permite que:

- A criatividade seja estimulada durante o processo de desenvolvimento do produto.
- A performance ambiental em progresso seja visualizada.
- Oportunidades de melhorias possam ser destacadas.

Otimizar a performance do produto em termos ambientais significa estabelecer um equilíbrio entre aspectos funcionais, econômicos e ambientais. A “Roda Estratégica” para o Ecodesign começa com a concepção de um novo produto, e cobre o projeto, seleção de materiais, produção, distribuição, uso até o final da vida útil do produto.



*Figura 2-4 - A “Roda Estratégica” para o DFE*

### **Estratégia # 1 – Desenvolvimento de um novo projeto conceptual para o produto**

Esta estratégia pode direcionar a mudanças revolucionárias na redução do impacto ambiental de produtos e/ou serviços. Ela foca nos seguintes aspectos:

- Premissas básicas com relação a função do produto
- Determinação das necessidades do consumidor final.
- Estabelecer como o produto irá atender a essas necessidades do consumidor final.

### 1.1 – Desmaterialização

A desmaterialização é troca de um produto físico por um outro produto não-físico ou serviço. Isto permitirá a empresa a: (1) reduzir a produção, demanda e uso de produtos físicos, e; (2) a dependência do consumidor final por produtos físicos. Ao implementar-se esta estratégia a empresa poderá observar uma redução em material, energia, transporte e necessidade de gerenciar eventuais produtos rejeitados após vida útil e/ou a reciclagem de produtos. A desmaterialização constitui em:

- Fazer o produto menor e mais leve.
- Repor o material do produto por um substituto imaterial (ex: carta substituída por e-mail)
- Reduzir o uso de materiais ou infra estrutura da empresa (ex. substituir o uso do telefone por ida ao emprego para trabalhar)

### 1.2 – Aumento do uso compartilhado

Quando várias pessoas fazem uso de um mesmo produto sem ser os donos do mesmo, o produto é usado mais eficientemente. Exemplo de produtos que podem ter seu uso compartilhado são as fotocopiadoras, as máquinas de lavar de roupa, os equipamentos da construção civil etc.

Quando a empresa decide implementar a estratégia de “uso compartilhado” de um produto, este não é mais considerado como propriedade exclusiva de um único usuário. Pelo contrário, o produto continua sendo propriedade da empresa que então permite o seu uso compartilhado. A empresa deve saber limitar o número de produtos que podem ser compartilhado pelos usuários, o que envolve o desenvolvimento de uma nova estrutura organizacional da empresa.

Empresas que fornecem produtos que serão “compartilhados” por diferentes usuários geralmente oferecem algum tipo de serviço agregado ao produto (ex: serviço de manutenção).

Os benefícios da aplicação de uma estratégia deste tipo são:

- Uso mais eficiente do produto
- Redução de custos de material, energia e transporte devido a produção e distribuição de menos produtos.
- Aumento da habilidade do fabricante em controlar o uso e ciclo de vida de seus produtos.
- Facilidade de dispor o produto após sua vida útil e reciclagem do produto.

### 1.3 – Ofertando um serviço

Em muitos casos, empresas conseguem aumentar seus lucros e agregar valor a seus produtos, focando mais na venda do serviço associado ao produto do que no produto propriamente dito.

Quando uma empresa adota esta estratégia, ela assume toda a responsabilidade pela manutenção, reparo, disposição do produto após vida útil e/ou sua reciclagem. Este sistema opera na base do pagamento por unidade de serviço ofertado.

Ao aplicar esta estratégia a empresa deverá:

- Realizar uma análise profunda das necessidades dos clientes
- Reorganizar o processo de desenvolvimento de seus produtos e produção de tal forma que deixem de ser orientados para vendas e passem a ser orientados para o serviço.
- Aprimorar o contato com seus clientes.

Os benefícios desta estratégia são:

- Uma constante informação sobre as necessidades de seus clientes e suas preocupações.
- A oportunidade de responder rapidamente a mudanças no mercado.
- Melhor controle sobre a distribuição do produto, manutenção, descarte após uso e reciclagem.

- A oportunidade de gerar recursos durante o uso do produto e na fase final de vida útil do produto.

## **Estratégia # 2 – Otimização de aspectos físicos do produto**

Esta estratégia cobre aspectos de forma, estética e material como também a relação do usuário com o produto. As atividades desta estratégia são realizadas durante as fases preliminares do desenvolvimento de produtos. Para se implementar esta estratégia, a empresa deverá ter um completo entendimento da posição do produto no mercado com respeito aspectos ambientais e do conhecimento das necessidades dos usuários.

Esta estratégia está focada em: (1) melhoria das funções do produto e do seu ciclo de vida agregando valores ambientais, e (2) projetando suas características físicas ou componentes com o objetivo de agregar valor ao produto para o consumidor final. A estratégia é constituída para:

- Otimizar as funções do produto
- Estender a vida útil do produto, ou seja, o tempo em que o produto funciona em boas condições
- Estender aspectos da estética do produto durante o seu ciclo de vida, ou seja, tempo em que o usuário considera o produto atraente.

Projetistas devem balancear e otimizar a análise dos requisitos técnicos e estéticos para o ciclo de vida do produto de tal forma a reduzir o consumo de energia e materiais. Em alguns casos, isto pode significar projetar um produto para um ciclo de vida curto ou longo.

Uma empresa pode preferir que seu produto tenha um ciclo de vida curto caso ela esteja desenvolvendo, por exemplo, um novo produto mais eficiente (mais econômico e menos poluente) e que ela tem certeza que este novo produto terá uma boa aceitação no mercado.

Em outros casos, a empresa poderá oferecer um produto com seu ciclo de vida mais longo, onde é importante analisar aspectos econômicos e de uso do produto. Por exemplo, a empresa poderá decidir em desenvolver produtos



de alta performance. Tais produtos poderão ser mais caros, mas que deverão mostrar um alto benefício para o usuário durante um longo período de vida útil.

### 2.1 – Integrar as funções do produto

Material e espaço podem ser economizados ao integrar-se diversas funções ou produtos em um único produto utilizando-se de componentes comuns tais como: fontes de energia, teclados, chassis etc.

### 2.2 – Otimizando as funções

Ao analisar as funções primárias e secundárias do produto, pode-se descobrir que alguns componentes são desnecessários.

### 2.3 – Aumento da confiabilidade e durabilidade

Projetar um produto de tal forma que ele possa exercer a sua função de maneira confiável e consistente pode garantir um ciclo de vida longo para o produto.

Confiabilidade e durabilidade são aspectos que estão interrelacionados no produto. Para garantir confiabilidade, deve-se analisar a performance dos componentes do produto em funcionamento que estão sujeitas ao desgaste e encontrar forma de que estas sejam mais duráveis.

Durabilidade refere-se a habilidade do produto em continuar funcionando adequadamente, mesmo em condições severas de uso (ex: ambiente corrosivo, uso inadequado do produto etc).

### 2.4 – Facilidade de manutenção e reparo

Garantir de que será aplicada a manutenção adequada ao produto no seu devido tempo aumenta a usabilidade do produto e sua vida útil.

Manutenção feita pelo próprio usuário: Prover instruções fáceis de serem seguidas em procedimentos de manutenção preventiva e pequenos reparos podem ajudar a reduzir os custos associados ao produto (ex. transporte para reparo).

Manutenção feita pelo fabricante: Quando o produto é muito complexo para que a manutenção seja realizada pelo usuário, deve-se considerar:

- Como o produto pode ser transportado para ser reparado.
- As habilidade e ferramentas necessárias pelo pessoal da manutenção.
- A facilidade ou dificuldade de se desmontar o produto.
- Desenvolver uma estrutura modular para o produto.

## 2.5 – Estrutura modular para o produto

A estrutura modular permite uma revitalização do produto do ponto vista técnico e estético, permitindo ao produto a manter-se em conformidade com as necessidades do usuário final.

Da mesma forma, a estrutura modular permite que os benefícios de novas tecnologias sejam incorporados em um produto antigo. Como consequência, um produto de estrutura modular pode passar por várias atualizações durante o seu ciclo de vida, reduzindo a necessidade de que novos produtos tenham que ser adquiridos de uma forma mais frequente. Desta forma, projetistas podem desenvolver produtos que permite:

- Atualizações em produtos antigos, por exemplo colocando-se uma memória de mais capacidade em um computador.
- Renovação técnica e estética de elementos antigos (ex: fabricando-se móveis com coberturas removíveis que possam ser limpas).
- Facilitando o reparo e manutenção de peças que sofrem alto desgaste.

## 2.6 – Forte relação entre o usuário e o produto

O objetivo desta estratégia é evitar o desenvolvimento de produtos que façam que o usuário o descarte tão logo ele perceba que o produto está “fora de moda”. Isto pode ser conseguido das seguintes formas:

- Criar produtos que superem as expectativas dos consumidores.
- Projetar produtos em que seu acabamento se torne mais atraente a medida que o produto é usado.
- Garantir que a manutenção e possíveis reparos serão atividades agradáveis e não tediosas.
- Garantir que a manutenção pode ser conduzida de forma segura e com o menor uso de ferramentas.
- Prover valores agregados em termos de estética e funcionalidade de tal forma que o usuário relute em substituir o produto.

### **Estratégia # 3 – Otimização do material usado**

Selecione materiais, substâncias e tratamentos em superfícies mais apropriados com respeito a questão ambiental.

#### 3.1 – Uso de materiais limpos

Alguns materiais ou aditivos devem ser evitados pois causam danos ambientais durante a sua produção e quando são incinerados ou usados como entulhos.

#### 3.2 – Uso de materiais renováveis

O uso de materiais renováveis podem representam uma boa alternativa ambiental desde que:

- Não se esgotem se manejados adequadamente como recurso renovável.
- Possam reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> durante o ciclo de vida do produto quando comparado a materiais de origem fóssil.
- Resultem em rejeitos biodegradáveis.
- Possam crescer e ser utilizados localmente. Uma situação que promove a geração de emprego.

Entretanto, ao considerar-se o uso de materiais renováveis, deve-se ter o cuidado de se analisar seu impacto ambiental.

### 3.3 – Materiais de baixa energia

A energia incorporada a um determinado material refere-se a energia necessária para extrair, processar e refinar o material antes de utilizá-lo como insumo de manufatura. Portanto, existe uma correlação entre a quantidade e tipo de processos necessários e a energia incorporada ao material. Ou seja, quanto mais simples e menor etapas de extração, processamento e refino envolvidos na produção do material, menor é a energia incorporada ao material.

### 3.4 – Materiais recicláveis

Esta estratégia está focada no uso de materiais recicláveis. Caso apropriado, empresas podem usar e re-usar esses materiais de forma a maximizar os recursos investidos.

A reciclagem de materiais é uma excelente escolha no que tange a aspectos ambientais e pode ser alcançada das seguintes formas:

Através da implementação de programas de “retorno de produtos”, as empresas têm uma fonte eficiente de materiais e/ou peças no que diz respeito a redução de custos.

Utilizando materiais recicláveis que pode reduzir a energia necessária para produzir o produto, isto porque não há necessidade de se gastar energia para extração de materiais.

Características únicas de materiais recicláveis como variação na cor e textura podem ser vantajosas se usadas apropriadamente na produção do produto. Por exemplo, uso de papel reciclado, aço, alumínio e outros metais e plásticos.

Existem duas fontes de materiais recicláveis:

- Material fora de especificação não utilizado gerado do processo industrial.
- Material utilizado por consumidores recuperado depois do uso. Este material é coletado, separado e limpo, mas ainda contaminado por material externo.

Materiais reciclados são aqueles que podem ser facilmente reaproveitados, dependendo do tipo de material e da infra estrutura de reciclagem disponível. Reduzindo a quantidade de rejeitos enviada aos “lixões” pode produzir uma economia substancial.

### 3.6 – Redução do material usado

Esta estratégia está focada na otimização do volume e peso do material de tal forma que menos energia é utilizada durante a produção, transporte e armazenamento. Esta estratégia pode melhorar o aproveitamento dos recursos materiais e economizar o consumo de matéria-prima e custos de transporte.

O uso de menos material é uma forma simples e direta de se reduzir o impacto ambiental. Ou seja, menos recursos extraídos, menor desperdício e menos carga durante o transporte.

Quando um produto e sua embalagem são reduzidas em tamanho e volume, mais produtos podem ser transportados mais eficientemente.

### **Estratégia # 4 – Otimização da produção**

Implementar práticas de produção “limpa”. Ou seja, o contínuo uso de processos industriais e produtos que aumentem a eficiência; previnam a

poluição do ar, água e terra; e minimize o risco a saúde humana e o meio ambiente.

Para que se possa realizar esta estratégia é necessário que se adote os seguintes procedimentos:

- Minimizar o uso de ancillary materials e energia.
- Prover alta eficiência de produção com baixa perda de material.
- Gerar o mínimo de rejeitos possíveis.
- Evitar o uso de compostos danosos à saúde.

#### 4.1 – Técnicas alternativas de produção

A implementação de um Sistema de Gerenciamento do Meio Ambiente (Environmental Management System – EMS) fornece uma forma eficiente de examinar o sistema de produção e apontar áreas onde mudanças possam ser feitas para incorporar benefícios ao meio-ambiente, fazer com que a empresa esteja em conformidade com a legislação ambiental além de permitir uma redução de custos.

Alternativamente, técnicas de produção limpa ajudam a empresa a perceber os benefícios de processos de otimização, controle de qualidade, conservação de energia e gerencia preventiva. Além disso pode reduzir energia e custos associados com:

- Matéria-prima
- Energia
- Trabalhadores
- Tratamento e disposição
- Segurança e responsabilidade

#### 4.2 – Poucas etapas de produção

Cada etapa do processo de produção aumenta os custos e pode também aumentar o impacto ambiental. A otimização das etapas de produção do

produto devem ser conduzidas pelos projetistas e pessoal de produção. Esta equipe deve analisar os seguintes aspectos:

- A possibilidade de satisfazer várias funções do produto através de um único componente.
- Permitir que várias etapas de produção possam ser realizadas simultaneamente em uma única peça.
- Permitir que uma única etapa produtiva seja realizada em várias peças simultaneamente.
- Redução do transporte de peças dentro da fábrica.
- Uso de materiais que não requeiram posterior tratamento superficial ou posterior acabamento para realizar a sua função ou atender requisitos estéticos.

#### 4.3 – Baixo consumo de energia ou utilização de energia limpa

Esta estratégia está focada em realizar a produção com um melhor aproveitamento da energia. A empresa poderá implementar uma política de premiação no intuito de motivar os empregados a sugerir idéias que possam promover um melhor aproveitamento da energia utilizada durante o processo produtivo. Pode-se pensar em avaliar os seguintes aspectos:

- Uso de energias limpas tais como o gás natural, energia eólica, energia solar e outras de forma a substituir fontes energéticas poluidoras ou ineficientes.
- Examinar cuidadosamente as necessidades da utilização de energia para aquecimento/ventilação e estabelecer sistemas e controles adequados para atender a essas necessidades.
- Aumentar a eficiência de sistemas de compressores de ar.
- Otimizar os requisitos de espaço do chão de fábrica.

#### 4.4 – Menor quantidade de rejeitos de produção

Ao aplicar-se esta estratégia, a empresa deverá otimizar o processo produtivo no que se diz respeito aos rejeitos e emissões de poluentes. Esta otimização aumenta a eficiência com respeito ao uso de material e reduz a quantidade de material enviada aos “lixões”. Para que se possa atingir a este objetivo considere:

- Selecionar formas que eliminem processos tais como: sawing, usinagem, milling, presing and punching de tal forma que se possa reduzir a quantidade de material rejeitado.
- Motivar as equipes de produção e fornecedores a reduzir o desperdício e reduzir a percentagem de rejeitos.
- Observar a oportunidade de se reciclar resíduos de produção na própria fábrica. Este é um processo que pode reduzir recursos e dinheiro.

#### 4.5– Redução da quantidade de consumíveis e uso de consumíveis “limpos” na produção

Ao aplicar-se esta estratégia, é necessário que projetistas e equipes de produção trabalhem juntos na análise de consumíveis no processo de produção. O de água, solvente, degreasers, óleos, lubrificantes, abrasivos, solders, e cutting tools pode ser correlacionados por unidade de produção.

Projetistas podem também especificar materiais/peças/componentes que são consideradas “limpas” e não danosas. Por exemplo, identificar e usar solventes, lubrificantes e degreases com pequeno número de componentes orgânicos voláteis (VOCs) pode reduzir o uso de sistemas de ventilação e/ou equipamentos de prevenção de poluição.

Os maiores benefícios de se utilizar menor e limpos consumíveis production são na redução de:



- Custos de produção.
- Requisitos de armazenamento/manuseio de material e seus custos associados.
- Custo envolvido na deposição de rejeitos de consumíveis danosos à saúde.
- Matéria-prima/consumíveis.
- Necessidade/uso de equipamento de ventilação e custos de manutenção.
- Custos operacionais
- Necessidade de equipamento preventivos de poluição.
- Custos de saúde e segurança (ex.: treinamento de funcionários e compra de equipamentos de proteção)

### **Estratégia # 5 – Otimização da distribuição**

A aplicação desta estratégia garante que os produtos são transportados do produtor ao distribuidor, varejista e consumidor final da forma mais eficiente possível. Fatores envolvidos nesta otimização inclui:

- Embalagem
- Forma de Transporte
- Forma de armazenamento/manuseio
- Logística

#### **5.1 – Menos/Limpa/re-usável embalagem**

Esta estratégia está focada na redução de embalagem para marketing e transporte, resultando em menos desperdício, menos energia para o transporte, menos emissão de poluentes e grande economia. Através da redução da quantidade e peso da embalagem, a empresa pode economizar em material enviado aos “lixões”. Algumas sugestões de como aplicar esta estratégia são apresentadas a seguir:

- Seu a embalagem provoca um apelo estético ao produto, utilize um design “enxuto” mas atrativo e que cause o mesmo efeito.
- Para o transporte e empacotamento, considere o re-uso de embalagem através de um sistema de retorno de embalagem entre o fabricante e o varejista e se possível entre o varejista e o consumidor final.
- Use materiais apropriados como materiais recicláveis para embalagens não retornáveis e/ou materiais mais duráveis para embalagens retornáveis
- Motive os fornecedores a também reduzir seus desperdícios no que tange a embalagem.

## 5.2 – Eficiência de energia durante o transporte

O impacto ambiental quando do transporte de um produto surge primeiramente da energia consumida e emissão de poluentes. Aspectos relacionados a este impacto devem ser considerados pela empresa no seu planejamento de responsabilidade ambiental. Ao considerar em como os produtos serão transportados, deve-se abordar os seguintes aspectos:

- Preço
- Volume
- Confiabilidade
- Tempo de entrega
- Distancia ao consumidor
- Impactos ambientais

Desta forma, a empresa deve avaliar os mais diversos tipos de transporte considerando-se os aspectos acima, para avaliar-se a forma mais apropriada de transporte.

A empresa deve também avaliar o tipo de transporte utilizado por seus fornecedores para o transporte de matéria-prima e componentes. Os custos totais serão reduzidos se um sistema de transporte eficiente no que tange ao melhor aproveitamento de energia seja utilizado por toda cadeia de fornecedores, produção e distribuição.

### 5.3– Eficiência de energia utilizada em um sistema Logístico

Uma melhor eficiência na escolha de rotas de transporte e distribuição pode reduzir o impacto ambiental de um sistema logístico da empresa. Desta forma, pode-se considerar os seguintes aspectos:

- Motivar o pessoal de compras a trabalhar com fornecedores locais evitando assim longas distancias no transporte de produtos.
- Motivar o pessoal de vendas a introduzir formas mais eficientes de distribuição (ex.: a distribuição simultânea de uma grande quantidade de diferente produtos).
- Uso de formas padronizadas de transporte e embalagens de grande volume (ex.: containers, caixas )
- Uso de softwares que possam auxiliar na escolha de rotas otimizadas no sentido de reduzir-se as distâncias de transporte do produto.
- Ao fornecer seus produtos baseado da filosofia do “just-in-time”, utilize containers reutilizáveis projetados especificamente para seu produto.
- Reduza a distância entre o local armazenamento e o local de descarga do produto.

#### **Estratégia # 6 – Redução do impacto ambiental durante o uso do produto**

Projetar produtos que de tal forma que o consumidor final esteja apto a fazer um uso eficiente de produtos consumíveis tais como energia, água, detergente e outros produtos secundários como baterias, refís e filtros.

Recursos consumidos na manutenção e reparo podem contribuir para o impacto ambiental. Esta estratégia está focada no desenvolvimento de produtos de tal forma a reduzir o seu impacto ambiental durante o seu uso.

## 6.1 – Baixo consumo de energia

O objetivo desta estratégia é o de alcançar o uso eficiente de energia e/ou o uso de fontes alternativas de energia que causem o mínimo de impacto ambiental possível durante a utilização do produto.

Avaliação ambiental de produtos duráveis tais como geladeiras e máquinas de lavar roupas mostram que o grande impacto ambiental vem da utilização destes produtos durante o seu ciclo de vida. Como resultado, o custo da energia utilizada pelo produto durante todo o seu ciclo de vida útil pode ser maior do que o preço inicial do produto. Desta forma, a eficiência energética pode tornar-se uma forte ferramenta de marketing para o produto.

## 6.2 – Uso de energia limpa

O uso de fontes de energia limpa pode reduzir drasticamente a emissão de poluentes danosos ao meio ambiente especialmente para aqueles produtos que demandam alto consumo de energia. Esta estratégia que objetiva aumentar a utilização de fontes de energia limpa deve ser aplicada em conjunto com uma estratégia de baixo consumo de energia.

Caso haja a possibilidade de utilização de energia limpa deve-se considerar os seguintes aspectos:

- Projetar produtos que utilizem fontes de energia menos danosa possível.
- Projetar produtos alternativos com alta eficiência de consumo quando fontes menos danosa de energia não estão disponíveis.
- Para grandes equipamentos industriais ou máquinas, encorajar o uso de energia limpa como gás natural, energia eólica, energia solar etc.

## 6.3 – Redução do uso de consumíveis

Esta estratégia está focada na aplicação de projetos que levem a um uso menor ou mais eficiente de consumíveis tais como água, óleo, filtro, detergentes e material orgânico durante o ciclo de vida útil do produto.

Reduzir a necessidade de consumíveis e/ou seu uso pode aumentar o intervalo necessário para manutenção do produto, redução dos custos operacionais e melhora da satisfação do usuário.

#### 6.4 – Uso de consumíveis limpos

Projetistas e fornecedores devem obter informações no que diz respeito ao impacto ambiental de possíveis consumíveis de forma a tomar as decisões adequadas. Especificar consumíveis limpos pode acarretar nos seguintes benefícios:

- Aumenta a segurança quando da utilização do produto.
- Reduz o risco de manuseio de materiais danosos/perigosos.
- Reduz o custo de dispor materiais danosos/perigosos.
- Grande apelo ambiental ao usuário, resultando-se em aumento de vendas.
- Desenvolvimento uma forte relação com o consumidor.

Alguns fatores devem ser considerados ao aplicar-se esta estratégia:

- Implementação de um sistema de coleta/reciclagem/re-manufatura no intuito de eliminar o rejeito de filtros e cartuchos nos “lixões” ou em equipamentos de incineração.
- Estar ciente da possibilidade de rejeitos danosos à saúde estar sendo produzidos como resultado do uso de consumíveis de baixa qualidade.

#### 6.5 – Redução de energia e outros rejeitos consumíveis

Frequentemente existe uma lacuna entre como o fabricante acredita que o produto deve ser utilizado e feito a manutenção pelo usuário e o que realmente acontece com o produto nas mãos do consumidor. Esta diferença de percepção resulta em desperdício. Esta estratégia está focada no projeto de produtos que facilitem o entendimento de seu uso.

- Projete produtos que sejam fáceis de serem utilizados e que apresentem instruções claras de sua utilização.
- Projete produtos de tal forma que os usuários saibam exatamente a quantidade de consumíveis (ex.: detergente, óleo lubrificante) serão necessários para adequada utilização do produto.

### **Estratégia # 7 – Otimização da vida final do sistema**

Esta estratégia objetiva no re-uso de componentes do produto e assegurar um gerenciamento adequado de rejeitos quando da etapa final do ciclo de vida do produto.

A empresa deve considerar vários cenários de estágios finais do ciclo de vida do produto. As perguntas listadas a seguir podem ajudar em determinar em como otimizar o produto nos estágios finais do ciclo de vida.

- Será que os componentes/peças do produto podem ser reutilizados ?
- Será que os componentes/peças do produto podem ser remanufaturados para então serem reutilizados ?
- Será que os componentes/peças do produto podem ser utilizadas como materiais de reciclagem ?
- Será que os componentes/peças do produto podem ser incineradas com segurança ?
- Será que os componentes/peças do produto podem ser depositadas nos “lixões” ?

#### **7.1 – Reutilização do produto**

Esta estratégia está focada na reutilização de todo o produto, seja para a mesma aplicação ou para uma aplicação nova. Quanto mais o produto mantém

a sua forma original maior é o mérito ambiental alcançado desde que o programa de retorno e sistemas de reciclagem sejam implementados simultaneamente. Os benefícios desta estratégia são:

- Grande apelo ambiental para o consumidor final.
- Aumento nas vendas.
- Redução de custos.

A possibilidade de reutilização do produto depende dos seguintes aspectos:

- ciclo de vida do produto considerando-se os aspectos técnicos, estéticos e psicológicos.
- A existência de um mercado secundário que deseje produtos usados.
- Uma infra-estrutura de reparo e manutenção adequada.

Ao aplicar esta estratégia, os produtos devem ser projetados de tal forma que:

- Os aspectos técnicos e estéticos do ciclo de vida útil do produto estejam em mente durante o seu desenvolvimento.
- A ser útil para sucessivos consumidores para que se possa maximizar a vida útil do produto.
- A utilizar-se componentes de qualidade e tecnologia confiável que não será tornar-se prematuramente obsoleta e que irá contribuir que não seja necessário uma manutenção constante.
- A contribuir para a facilidade de limpeza, manutenção e atualização (upgrading) do produto

## 7.2 – Projeto para desmontagem

Para otimizar o final de vida útil do produto deve-se considerar o projeto para desmontagem. Este tipo de projeto está intimamente relacionado com a idéia de se fazer o produto mais adequado para fácil manutenção tanto por

parte do usuário quanto do técnico especializado. Projeto para desmontagem pode oferecer os seguintes benefícios:

- Facilidade de manutenção e reparo com conseqüente redução de custos.
- Facilidade de reutilização de peças/componentes reaproveitando assim materiais e reduzindo custos.
- Apoiar a utilização de material reciclável, evitando assim deposição de material e desperdício.
- Facilitar programas de retorno de produto após vida útil e estender a responsabilidade do produtor e assim fazer que a mesma esteja operando de acordo com a regulação ambiental vigente.

Fatores tais como: ciclo de vida útil de peças e componentes, sua padronização, requisitos de manutenção e instruções de serviço e remontagem, são importantes no projeto do produto para desmontagem. Em geral, os projetistas devem estar atentos aos seguintes aspectos:

- Uso de elementos de união fáceis de serem removíveis tais como pinos, colchetes de pressão, rebites ao invés de utilizar solda, cola, ou outra mecanismo de união fixa.
- Uso de elementos de união padronizados de tal forma que o produto possa ser desmontado com poucas ferramentas (ex.: um tipo de parafuso).
- Posicionar as uniões de tal forma que o produto não necessite ser rodado e/ou girado para ser desmontado.
- Indicar como o produto deve ser desmontado de uma forma não destrutiva.
- Colocar as peças/componentes possíveis de serem facilmente desgastadas em locais de fácil acesso.
- Indicar no produto que peças/componentes devem ser limpas ou sujeitas a formas específicas de manutenção (ex.: código de cores para diferentes tipos de lubrificantes)



### 7.3 – Produtos re-manufaturados

Muitos produtos vão para os “lixões” muito embora ainda contenham peças em boas condições. Frequentemente esses componentes podem ser reutilizados seja para a mesma função ou uma nova. Esta estratégia está focada na re-manufatura no intuito de restaurar componentes e sub-conjuntos de montagem.

A re-manufatura pode beneficiar a empresa nos seguintes aspectos:

- Recuperar material e custos incluídos nos produtos.
- Prover peças/componentes confiáveis de custo relativamente mais baixo a serem incluídos na produção de novos produtos.
- Economizar o custo de fabricar novas peças e/ou compra-las.

### 7.4 – Reciclagem de material

Esta estratégia esta focada em desenvolver produtos que possam ser facilmente desmontados e na utilização de materiais adequados para reciclagem. Os benefícios da reciclagem incluem:

- Requer pouco tempo.
- Requer um pequeno investimento financeiro.
- Atrai usuários e aumenta as vendas.
- É de fácil promoção dentro e fora da empresa.

Os níveis de reciclagem, pelos menos em ordem de benefício ambiental são:

- Reciclagem primária – retorno da peça/componente a sua aplicação original.
- Reciclagem secundária - retorno da peça/componente a uma aplicação inferior à original.
- Reciclagem terciária – decomposição de peça/componente em matéria-prima.

## 7.5 – Incineração segura

Quando a reutilização e/ou reciclagem do produto e/ou peça/componente não é possível de ser realizada, a incineração (preferivelmente com recuperação de energia) é a única solução para o final da vida útil do produto. Pode-se projetar um produto para incineração segura evitando-se a utilização de materiais que possam liberar elementos tóxicos caso o produto seja incinerado sem o controle ambiental adequado.

Quando o uso de metais pesados ou outros materiais tóxicos é inevitável, deve-se projetar o produto para uma fácil desmontagem e promover programas de recuperação de materiais danosos separadamente.

## 6. CONCLUSÕES

Todas essas estratégias podem ser adotadas sempre com o intuito comercializar produtos que foram desenvolvidos com uma preocupação ambiental. Verificou-se que muitas ações sugeridas para uma determinada estratégia, estão intimamente relacionadas com outras estratégias de tal forma que uma possa contribuir para outra.

Entretanto, apesar da sua enorme importância atual no contexto competitivo o aspecto ambiental não pode ser visto como uma estratégia única de competitividade. Outros aspectos como a qualidade, a resposta rápida às necessidades do cliente a constante preocupação com ganho de produtividade e redução de custos entre outros também devem compor o cenário de uma estratégia global da empresa.

Em muitas situações estas estratégias podem ser conflitantes e deve-se procura um ponto de equilíbrio para a melhor adequação possível. O que deve-se ter em mente é que o uso destas estratégias de ser feito de forma flexível para proporcionar uma certa maleabilidade e mobilidade da empresa perante os crescentes desafios do mercado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARSON, R. **Sciencet Spring**, Penguin Books, ISBN 0-14-013891-9, UK, 1962.

CASTRO, N. de; SETTI, A. A.; GORGONIO, A. S.; FARIA, S. C. de. **A questão ambiental e as empresas**. (Meio ambiente e a pequena empresa) p. 240; Brasília: SEBRAE, ISBN: 85-7333-163-1, 1998.

DEWBERRY, E.; GOGGIN, P. **Spaceship Ecodesign**. Co-Design, London, UK, 1996.

JOHANSSON, G. **Success factors for integration of Ecodesign in product development-A review of state-of-art**. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 21 agosto 2002.

LAGERSTEDT, J. **Advancement in product design strategies in early phases of design – balancing environmental impact and functionality**. Tese (Doutorado) Department of Machine Design, Royal Institute of Technology (KTH). Stockholm, 2000.

**LEWIS, H.; GERTSAKIS, J. Chapter One - Introduction in: Design + Environment: A Global Guide to Designing Greener Goods, Sheffield: Greenleaf Publishing Limited, UK, 2001.**

LOFTHOUSE, V.A.; BHAMRA, T.A.; EVANS S. **Effective Ecodesign: Finding a way forward for industry**. Cranfield University, school of Industrial & manufacturing Science, Cranfield, UK, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 10 abril 2002.

REDE NACIONAL DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA – REDE PmaisL. Disponível em: <<http://www.pmaisl.com.br>>. Acesso em: 14 abril 2003

## 8. BIBLIOGRAFIA

IRAP-NRC. Disponível em: <[http://dfe-sce.nrc-cnrc.gc.ca/home\\_e.html](http://dfe-sce.nrc-cnrc.gc.ca/home_e.html)>. Acesso em: 16 abril 2002.

van HEMEL C.G. **Ecodesign empirically explored; Design for environment in Dutch small and medium-sized enterprises**. PhD Thesis, Technical University Delft, 1998.

van HEMEL C.G.; BREZET J.C. **Ecodesign; A promising approach to sustainable production and consumption**. United Nations Environmental Programme, Paris, 1997.

van HEMEL C.G.; CRAMER, J. **Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs**. Journal of Cleaner Production, n. 10, p. 439-453, 2002.

## V. Ecodesign: Métodos e Ferramentas

Américo Guelere Filho  
Daniela Cristina Antelmi Pigosso

Grupo de Engenharia Integrada e de Integração; Grupo de Engenharia do Ciclo de Vida; Departamento de Engenharia de Produção; Escola de Engenharia de São Carlos; Universidade de São Paulo

---

### RESUMO

O Ecodesign pode ser definido como uma abordagem pró-ativa de gestão ambiental voltado ao processo de desenvolvimento de produtos e cujo objetivo maior é a minimização dos impactos ambientais durante todo o ciclo de vida de um produto sem comprometer, no entanto, outros critérios essenciais como desempenho, funcionalidade, estética, qualidade e custo. Embora muitas vantagens competitivas e ambientais tenham sido associadas à aplicação do ecodesign quando do seu surgimento, sua aplicação no Brasil e no mundo ainda é limitada e restrita a poucas e grandes empresas, não gerando, dessa forma, os resultados benéficos esperados. Um dos fatores que contribui para esse quadro é o intenso desenvolvimento de novos métodos e ferramentas na última década, em detrimento do uso, avaliação e aprimoramento dos existentes, o que poderia evidenciar os benefícios associados ao seu uso e facilitar sua adoção por parte dos projetistas. O objetivo deste trabalho é apresentar alguns métodos e ferramentas do ecodesign com vistas a promover seu uso pelos desenvolvedores de produtos brasileiros. Para isso, extensa revisão bibliográfica foi empreendida e foram escolhidos os métodos e ferramentas mais citados na literatura, ao que se seguiu sua detalhada descrição.

**Palavras-chave:** Gestão ambiental, ecodesign.

### Ecodesign: Methods and Tools

### ABSTRACT

Ecodesign can be defined as a pro-active approach of environmental management that acts in the product development process and aims at minimizing the environmental impacts of products throughout its entire life cycle without compromising other essential criteria as performance, functionality, aesthetics, quality and costs. Although large competitive and environmental advantages had been associated to the ecodesign since its conception, its application in Brazil and in the world is still restricted to few and big companies, not generating the benefic results expected. One of the factors that contribute to this situation is the intense development of new methods and tools of ecodesign in detriment of the use, evaluation and improvement of the existents, what should confirm the associated benefits to its utilization and make its adoption by designers easier. The objective of this paper is to present some methods and tools of ecodesign aiming to promote its use by the Brazilian's product developers. For this, an extensive bibliographic review was carried out and the most cited methods and tools were chosen, followed by its detailed description.

**Keywords:** Environmental management, ecodesign.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Evolução das abordagens de gestão ambiental de empresas**

As empresas começaram a incorporar as questões ambientais em consequência do aumento da conscientização da população quanto à importância da preservação do meio ambiente e do surgimento da legislação ambiental nas décadas de 1970 e 1980. Até então, os compartimentos do meio físico (ar, água e solo) eram encarados como depósitos infinitos para receber todos os resíduos advindos das atividades humanas (antrópicas) e dos seus processos produtivos. A postura de gestão ambiental adotada pelas empresas até então era a omissão, já que os poluentes gerados eram diluídos e dispersados no meio sem qualquer tratamento prévio (Bulchholz, 1998).

Segundo Sánchez (2001), as primeiras leis que visaram enfrentar a temática da poluição ambiental e seus efeitos surgiram em países industrializados em meados do século XX, em reação à grande poluição encontrada nesses países devido à postura de omissão das empresas. Essas leis focavam primordialmente o controle das emissões de poluentes, sendo, dessa forma, de caráter notadamente corretivo. Esse cenário fez com que as empresas começassem a adotar a postura de gestão ambiental conhecida como “fim-de-tubo”, em que o tratamento dos seus resíduos sólidos, líquidos e gasosos era realizado para garantir a conformidade com os padrões de emissão estabelecidos pelas leis ambientais. Essa abordagem implicou na instalação de caros e sofisticados filtros em chaminés e na construção de volumosas estações de tratamento de resíduos líquidos, agregando, dessa forma, novos custos ao processo produtivo, e, conseqüentemente, um aumento do custo final do produto (Lemos, 2000). Sob o ponto de vista dos impactos ambientais, esse tipo de abordagem reativa não apresenta resultados satisfatórios, pois o que se verifica é a troca de um tipo de poluição por outra como (Barbieri, 1997).

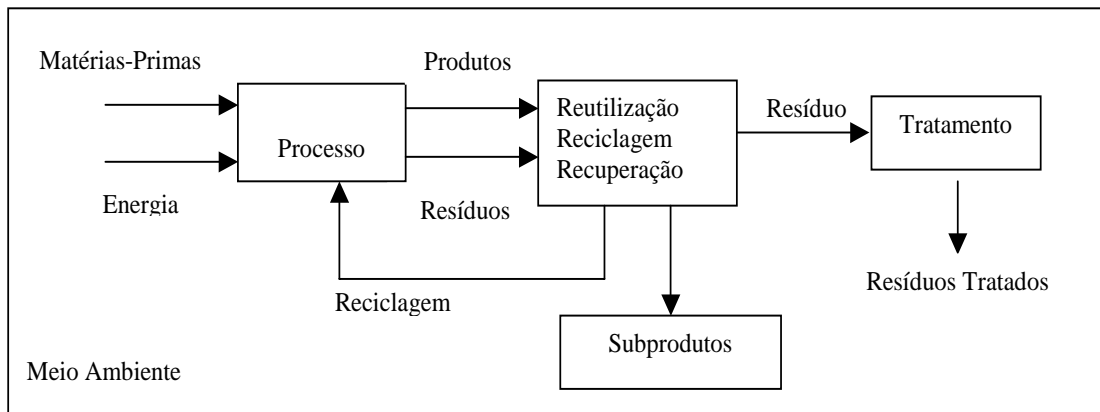
A década de 80, marco no aumento em escala planetária da consciência ambiental, marca também uma substancial mudança no comportamento das empresas no tocante ao gerenciamento dos impactos ambientais causados pelas suas atividades. Como fruto do aumento da consciência ambiental dos

cidadãos, as leis ambientais ficaram mais rigorosas e restritivas, tornando as tecnologias que suportavam a abordagem de “fim-de-tubo” até então utilizadas insuficientes para atender aos padrões de emissão mais rigorosos, elevando ainda mais os custos associados ao tratamento dos resíduos.

A essa altura, a visão que predominava entre as empresas era a que conduzir seus negócios de forma ambientalmente consciente afetava negativamente o seu desempenho econômico, pois demandava maiores investimentos em produtos e processos e aumentava os custos de produção. No entanto, a partir de meados dos anos 80, os gastos com proteção ambiental começaram a ser vistos pelas empresas líderes não primordialmente como custos, mas sim como investimentos a longo prazo e, paradoxalmente, como vantagem competitiva (Callenbach et al, 1993).

Além dos aspectos legais, essa mudança de atitude deve-se, também, à constatação dos reais custos associados à tradicional abordagem de fim-de-tubo. Observou-se que, além dos custos usualmente contabilizados com tratamento e disposição, há custos relacionados (e não usualmente contabilizados) com, por exemplo, perda de matéria prima, água, energia, não conformidades legais e normativas e aqueles relacionados à imagem da empresa (Bierma, 1998). Sobre esse viés econômico, segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), tipicamente, para cada dólar contabilizado com tratamento ou disposição de resíduos, há de dois a três outros dólares “escondidos” ou simplesmente ignorados, sendo essa constatação é válida, inclusive, para grandes e bens gerenciadas empresas (UNEP, 2004).

É nesse contexto que algumas indústrias passaram a adotar, no final da década de 80, abordagens de gestão ambiental que visavam reduzir a quantidade de resíduos gerados por meio de técnicas de reutilização, reciclagem (interna ou externa ao processo) e recuperação de materiais, como ilustrado na figura 1 abaixo.



**Figura 1.** Reutilização, reciclagem, recuperação. Bishop (2000).

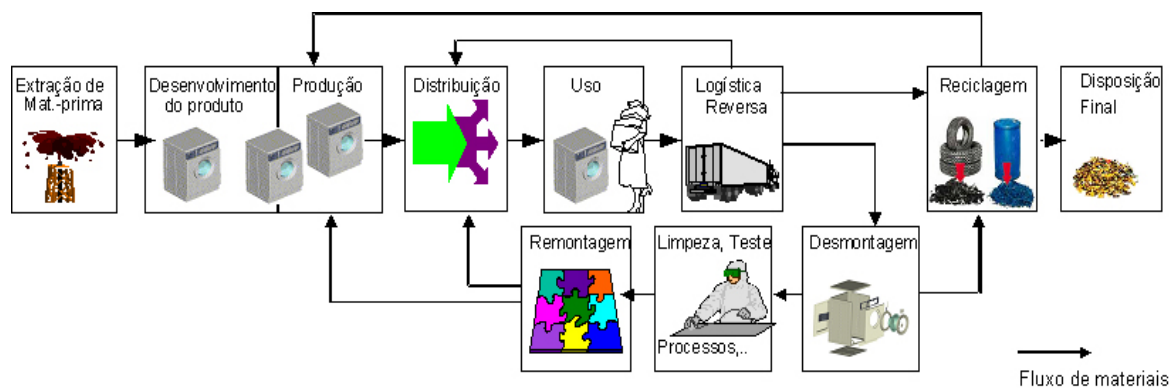
Ainda assim, tanto a reutilização quanto a reciclagem e a recuperação, embora contribuam para a minimização da geração de resíduos, constituem-se em soluções paliativas, pois partem do pressuposto de que o resíduo existe e também porque geram subprodutos e envolvem gastos energéticos e outros custos operacionais. Dessa forma, as empresas passaram a adotar, a partir do final da década de 80 e início da de 90, a postura preventiva quanto à geração de resíduos, baseada na conciliação entre ganhos econômicos e ambientais.

Exemplo dessa nova postura é o programa denominado *Pollution Prevention Pays* (3P) empreendido pela americana *Minnesota Mining and Manufacturing* (3M). Em seus primeiros anos de existência, o programa envolveu mais de 2.500 mudanças de processos, levando a uma economia de mais de US\$ 500 milhões. Além disso, outros US\$650 milhões foram economizados como resultado da economia de energia (Leighton, 1992). Mais recentemente, a economia gerada por esse programa pioneiro foi de US\$46.200.000 em 2003 (3M, 2004). É nesse contexto de conciliação entre melhorias ambientais e ganhos econômicos que surgem, na década de 90, as abordagens conhecidas como prevenção à poluição (P2) e produção mais limpa (P+L).

Van Weenen (1995) afirma que as abordagens pró-ativas, voltadas aos processos, têm preferência sobre aquelas de caráter reativo (fim-de-tubo), destacando que, gradualmente, tem sido aceito que as abordagens orientadas ao produto são ainda mais atrativas quando comparadas às orientadas ao processo.



Assim, na evolução das abordagens de gestão ambiental empresarial, supera-se a visão focada no processo produtivo e no tratamento e disposição final de seus dejetos (resíduos sólidos, emissões gasosas e efluentes líquidos) e passa-se a adotar uma visão holística de todos os impactos ambientais causados ao longo das fases do ciclo de vida de um produto. As abordagens assim direcionadas podem ser encaradas como uma evolução daquelas voltada aos processos de produção, que é uma das fases do ciclo de vida de um produto (Guelere Filho, 2005). A figura 2 mostra um esquema do ciclo de vida de um produto onde são considerados cenários para o fim da vida útil do produto (CRC,2004).



**Figura 2:** Ciclo de vida de um produto incorporando cenários para fim de vida útil (CRC, 2004).

Estima-se que entre 60% a 80% de todos os impactos ambientais causados ao longo de todas as fases da vida de um produto são determinados nas fases iniciais de seu projeto (Graedel & Allenby, 1995). A partir dessas constatações, inúmeras abordagens para auxiliar empresas na adoção da gestão ambiental segundo a perspectiva da integração dos aspectos ambientais no processo de desenvolvimento de produto têm sido desenvolvidas, principalmente através da abordagem denominada ecodesign (Maxwell & Vorst, 2003).

## **2. ECODESIGN**

### **2.1 Contexto e definições**

Os produtos são fundamentais para a riqueza da sociedade e para a qualidade de vida desejada. Todavia, o crescente consumo de produtos está também, direta ou indiretamente, na origem da maior parte da poluição e do esgotamento de recursos que a nossa sociedade causa. (Comissão das Comunidades Europeias, 2001). Todos os produtos causam impactos ambientais durante o seu ciclo de vida de alguma maneira, desde a extração da matéria-prima, produção e uso até a gestão e disposição dos resíduos. Esses efeitos ambientais resultam de decisões inter-relacionadas feitas em vários estágios do ciclo de vida do produto (Baumann; Boons; Bragd, 2002).

O desafio de tornar os produtos mais ecológicos deve ser assumido primordialmente pelas empresas e pelos consumidores, visto que as principais decisões relativas aos impactos ambientais dos produtos são tomadas na fase de projeto e no estabelecimento comercial. A preparação de uma estratégia generalizada para a integração das questões ambientais no processo de design de produtos deve considerar a complexidade e a diversidade dos produtos e a rápida evolução do conhecimento e da perícia no domínio do design (Comissão das Comunidades Europeias, 2001).

O desempenho ambiental de um produto é determinado pela soma de todos os impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida. É necessário observar, entretanto, que nenhuma redução do impacto ambiental será obtida a menos que o produto seja competitivo e substitua outros produtos no mercado com menor desempenho ambiental. Assim, a funcionalidade, o desempenho, a estética, a qualidade e o custo do produto devem ser compatibilizados com um melhor desempenho ambiental. (Nielsen; Wenzel, 2001)

Nesse contexto, o ecodesign pode ser definido como uma abordagem de gestão ambiental pró-ativa que corresponde a ações tomadas no desenvolvimento do produto direcionadas à minimização dos impactos ambientais durante todo o seu ciclo de vida, sem comprometer outros critérios essenciais do produto como desempenho, funcionalidade, estética, qualidade e

custo. Integra as questões ambientais no design industrial relacionando o que é tecnicamente possível com o que é ecologicamente necessário e socialmente aceitável, face à percepção crescente das necessidades de salvaguardar o ambiente num contexto de desenvolvimento sustentável (Johansson, 2002; Weenrn, 1995).

## 2.2 Métodos e ferramentas

Diferentes métodos e ferramentas de ecodesign foram desenvolvidos para a avaliação de impactos ambientais, evidenciando potenciais problemas e conflitos e facilitando a escolha entre diferentes aspectos através da comparação entre estratégias de design ambiental. Entende-se como método e ferramenta aqui, qualquer meio sistemático para lidar com as questões ambientais durante o processo de desenvolvimento do produto. Os métodos e as ferramentas de ecodesign podem ter abordagens qualitativas, quantitativas (simples ou complexas) ou ambas. (Baumann; Boons; Bragd, 2002; Byggeth; Hochschorner, 2006; Guelere Filho; Rozenfeld, 2006). Existem métodos e ferramentas que possibilitam a avaliação dos impactos ambientais dos produtos ao longo do seu ciclo de vida e a identificação de seus pontos fracos, onde estão as maiores oportunidades de melhoria do desempenho ambiental do produto.

A partir da perspectiva da engenharia, Baumann et al (2002) classificou as ferramentas de ecodesign em seis categorias: *frameworks*, *guidelines* e *checklists*, *rating* e *ranking*, *software* e sistemas *expert*, ferramentas analíticas e ferramentas organizacionais. Os *frameworks* geralmente contêm uma idéia geral sobre o que poderia guiar as considerações ambientais no desenvolvimento do produto e freqüentemente são acompanhados por um kit de ferramentas e estratégias técnicas. Os *checklists* e os *guidelines* são ferramentas de natureza qualitativa que listam as questões a serem consideradas no processo de desenvolvimento do produto e são usadas para checar se um determinado requerimento foi satisfeito ou não. As ferramentas de *ranking* e *rating* são geralmente quantitativas, simples e tipicamente fornecem uma escala pré-determinada para avaliação do impacto ambiental em

determinada fase do desenvolvimento do produto. As ferramentas analíticas são quantitativas e utilizadas para a avaliação e medição da performance ambiental de um produto. Os softwares e os sistemas *experts*, por sua vez, são ferramentas que possibilitam o manejo de informações ambientais complexas de maneira rápida e simples. Finalmente, as ferramentas organizacionais dão à direção de como se organizar, por exemplo, uma seqüência de tarefas ou de cooperação de certas funções de negócio com as partes interessadas, de forma a inserir a sustentabilidade na estratégia da empresa (Baumann; Boons; Bragd, 2002; Guelere Filho; Rozenfeld, 2006).

Na virada do milênio, era comum pesquisadores e empresas expressarem otimismo por vantagens competitivas a partir das atividades do ecodesign, paradigmas ganha-ganha pareciam ser dominantes (Baumann; Boons; Bragd, 2002; Boks, 2005; Guelere Filho; Rozenfeld, 2006). Recentemente, a demanda por provas desse benefício, especialmente numa escala empresarial global, tem se tornado maior. A falta de comprovação de que os paradigmas existentes podem se materializar com sucesso nas atividades industriais é a principal fonte de descontentamento (Boks, 2005).

O intenso desenvolvimento de novos métodos e ferramentas de ecodesign em detrimento ao estudo e aprimoramento das existentes e a falta de integração do amplo contexto do desenvolvimento de produtos e a sua ligação com a estratégia da empresa e com os processos de competição e cooperação são duas das explicações citadas por Baumann, Boons e Bragd (2002) para a não obtenção das potencialidades do ecodesign, tal como previsto no começo da década de 1990. Dessa forma, o objetivo aqui expresso é o de lançar luz sobre alguns métodos e ferramentas do ecodesign, e não desenvolver novos métodos e ferramentas.

Serão apresentados nesse trabalho 11 métodos e ferramentas do ecodesign que já comprovaram a importância de sua aplicação no processo de desenvolvimento de produtos para a formulação de produtos que causam

menor impacto ambiental desde a extração da matéria-prima, passando pela produção e chegando à disposição final no seu fim de vida. São eles: a Avaliação do Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment - LCA), a matriz Eco-Funcional (The Eco-Function Matrix), a Casa da Qualidade para o Meio Ambiente (Quality Function Deployment for Environment - QFDE), a matriz MET (MET-Matrix), a matriz MECO (Materials, Energy, Chemicals and Others), LiDS-wheel (Life Cycle Design Strategies), a Matriz de Avaliação da Responsabilidade Ambiental do Produto (The Environmentally Responsible Product Assessment Matrix - ERPA), as Dez Regras de Ouro (The Ten Golden Rules), a Análise ABC (ABC Analysis), a Matriz de Design para o Ambiente (Design for Environment Matrix) e, por fim, a Análise do Efeito Ambiental (Environment Effect Analysis - EEA). Abaixo segue uma descrição detalhada de cada um desses métodos e ferramentas:

- Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

A Avaliação do Ciclo de Vida é utilizada para fornecer uma visão holística do desempenho ambiental total de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida, de forma a se entender a complexidade dos problemas ambientais. É geralmente utilizado para comparar produtos que desempenham a mesma função ou para determinar pontos críticos. Os aspectos ambientais e os potenciais impactos associados ao produto são avaliados quantitativamente através da compilação de um inventário de ciclo de vida com todos os fluxos de entrada e saída relevantes (através da identificação de energia e materiais utilizados e dos resíduos lançados para o meio ambiente) de um produto ou sistema; avaliação e cálculo dos impactos ambientais potenciais associados com as suas entradas e saídas; e interpretação dos resultados do inventário e dos impactos ambientais em cada fase em relação aos objetivos e ao escopo do estudo. Não existe um método único de avaliação de impacto ambiental para conduzir as Avaliações do Ciclo de Vida. A Avaliação do Ciclo de Vida fornece informações importantes para os processos de tomada de decisão através da definição dos efeitos ambientais das atividades industriais e da

identificação de potenciais de melhorias ambientais (Goedkoop et al, 2006; Lindahl).

- Matriz Eco-Funcional

É uma maneira sistemática de incorporar adequadamente as propriedades funcionais necessárias e importantes para um produto ao menor preço ambiental possível. Uma plataforma de comunicação para prioridades funcionais e impactos ambientais é estabelecida através da combinação do Perfil Ambiental e do Perfil Funcional do produto. O Perfil Funcional descreve e avalia propriedades, áreas e atividades que estão associadas com a funcionalidade do produto e a sua viabilidade comercial. Este perfil deve ser criado independentemente do Perfil Ambiental e inclui as seguintes categorias: tempo de vida útil, tempo de uso, segurança, interação homem/máquina, economia, flexibilidade técnica, demanda ambiental e confiabilidade. O elemento chave do Perfil Ambiental é a identificação das propriedades dos produtos que estão correlacionadas com a geração de impactos ambientais, sem, no entanto, requerer profundo conhecimento das questões ambientais detalhadas. Os aspectos avaliados no Perfil Ambiental são: número de produtos produzidos por ano, peso e volume do produto, número de materiais diferentes, uso de materiais raros, uso de materiais tóxicos, uso de energia e fonte de energia. Pode ser aplicada em diferentes estágios do desenvolvimento do produto, de acordo com o grau de especificação e detalhamento do Perfil Ambiental e Funcional (Lagerstedt , 2002).

- Casa da Qualidade para o Ambiente (QFDE)

Essa ferramenta foi desenvolvida para a incorporação dos aspectos ambientais (requisitos ambientais e especificações de engenharia ambientais) no QFD tradicional para lidar com os requisitos tradicionais da qualidade e com os requisitos ambientais simultaneamente. O QFDE consiste de quatro fases. As saídas principais das fases I e II são a identificação das unidades funcionais do produto que precisam ser focadas no design do produto quando qualidades

ambientais e tradicionais são consideradas. A partir da identificação das unidades funcionais mais importantes, as melhorias de design do produto são analisadas nas fases III e IV, através da identificação da combinação entre as métricas de engenharia e as partes componentes dos produtos a serem melhoradas e os efeitos da mudança de design são avaliadas através da voz do consumidor usando a informação semi-quantitativa presente nas matrizes das fases I e II. Dessa forma, as funções requisitadas para um produto ou estrutura de produto para realizar essas funções são analisadas, auxiliando os engenheiros projetistas a selecionar a melhor alternativa entre àquelas encontradas para a diminuição do impacto ambiental dos produtos, de acordo com as alterações do seu design. (Sakao et al, 2001; Masui et al, 2001).

- Matriz MET

Os maiores problemas ambientais do ciclo de vida de um produto são identificados e utilizados para a elaboração de diferentes estratégias ambientais para melhoria do desempenho ambiental do produto. Os impactos ambientais são classificados nas categorias Ciclo de Materiais (M), Uso de Energia (E) e Emissões Tóxicas (T). O procedimento utilizado segue os seguintes passos: discussão da função do produto, definição da unidade funcional e dos limites do sistema, listagem dos materiais, energia e substâncias tóxicas consumidas nas diferentes fases do ciclo de vida, e avaliação. Os resultados e os dados utilizados podem ser tanto qualitativos quanto quantitativos. Esta matriz apresenta uma perspectiva do ciclo de vida e pode ser aplicada como linha guia a ser seguida (Byggeth e Hoschhoner, 2006).

- Matriz MECO

Uma estimativa do impacto ambiental de cada fase do ciclo de vida (fornecimento de matéria-prima, manufatura, uso, disposição e transporte) é realizada através de estimativas das quantidades de materiais (M), energia (E), químicos (C) e outros materiais (O) utilizados na produção e uso do produto. A

categoria “Material” inclui todos os materiais necessários para a produção, uso e manutenção do produto. Da mesma forma, a categoria “Energia” inclui toda a energia utilizada durante o ciclo de vida do produto, incluindo o uso de energia para a extração da matéria prima e a categoria “Químicos” considera, por sua vez, todos os produtos químicos utilizados durante o ciclo de vida do produto. Os impactos ambientais que não se encaixam em nenhuma das categorias anteriores devem ser incluídos na categoria “Outros”. Todos os fluxos de entrada e de saída devem ser considerados para uma categoria em relação a um tempo base de acordo com a unidade funcional do produto e a fase do ciclo de vida escolhida (Byggeth e Hoschhorner, 2006; Hochschorner e Finnveden, 2003).

- LiDS – Wheel (Estratégias de Design para o Ciclo de Vida)

Oferece uma visão geral do potencial de melhorias ambientais de um produto ao designer. Oito estratégias ambientais de melhoria são utilizadas nessa ferramenta: seleção de materiais com baixo impacto ambiental, redução do uso de materiais, otimização das técnicas de produção, otimização dos sistemas de distribuição, redução do impacto durante o uso, otimização da vida útil, otimização do sistema de gestão do fim de vida do produto e um novo conceito de desenvolvimento. Os critérios são ponderados qualitativamente utilizando-se sinais de menos e mais e não é oferecido suporte para priorizar um critério específico em relação a outro. (Byggeth e Hoschhorner, 2006).

- Matriz de Avaliação da Responsabilidade Ambiental do Produto (ERPA)

A matriz é utilizada para estimar o potencial de melhorias de um produto de acordo com o seu desempenho ambiental atual e desejado. Cada fase do seu ciclo de vida (pré-manufatura, manufatura, distribuição, uso e remanufatura/reciclagem/reuso) é avaliada de acordo com cinco critérios (escolha de materiais, uso de energia, resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas). O impacto ambiental de cada fase do ciclo de vida é estimado através da pontuação de cada critério de 0 (máximo impacto) a 4 (mínimo impacto). Checklists são desenvolvidos para a pontuação dos critérios



de acordo com as características dos produtos. A responsabilidade ambiental total do produto é calculada somando-se os valores atribuídos a todas as linhas e colunas da matriz. Se uma determinada fase do ciclo de vida ou critério for mais significativa, pode ser atribuído um peso diferente a eles. Quanto maior for a pontuação de produto, melhor será o seu desempenho ambiental (Byggeth e Hoschhorner, 2006; Hochschorner e Finnveden, 2003; Lee et al, 2003).

- Matriz de Design para o Ambiente (DfE Matrix)

Essa matriz levanta questões relacionadas aos impactos ambientais do produto que podem não ter sido considerados previamente e fornece uma análise semi-quantitativa das alternativas de design do produto. O resultado é uma pontuação relativa do produto que pode ser utilizada para comparar o produto que está sendo desenvolvido com um produto existente, ou ainda para comparar alternativas de design para um novo produto de acordo com o seu impacto ambiental potencial. Os totais para cada fase do ciclo de vida e os impactos ambientais indicam áreas importantes e áreas para melhorias em termos dos atributos ambientais de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida. A pontuação total da matriz é uma medida relativa dos atributos do produto e complementa os parâmetros econômicos, de valor do cliente e de manufaturabilidade que também devem ser avaliados (Yarwood e Eagan).

- As Dez Regras de Ouro

Essa ferramenta guia o desenvolvedor de produtos quanto às questões gerais a serem consideradas através da sua aplicação de acordo com os desafios específicos de um produto particular. Consiste de um sumário de diversas linhas guias e manuais utilizados por empresas dos mais diversos setores, contendo recomendações de estratégias ambientais. Essa ferramenta pode ser utilizada para melhorar o desempenho ambiental do conceito de um produto ou para comparar diferentes alternativas de conceitos. Para que possa ser utilizada por uma determinada empresa, ela deve ser primeiramente transformada e customizada de acordo com as características da empresa e

dos seus produtos desenvolvidos (Byggeth e Hoschhorner, 2006; Luttrupp e Lagerstedt, 2006).

- Análise ABC

A Análise ABC realiza a avaliação dos impactos ambientais de um produto. O produto é avaliado em onze critérios diferentes e, de acordo com essa avaliação qualitativa, é classificado em uma das seguintes áreas: A = problemática (requer ações), B = média (a ser observado e melhorado) e C = sem perigo (nenhuma ação é requerida). Apresenta uma perspectiva do ciclo de vida do produto, dando uma visão geral dos impactos ambientais gerados em cada uma das fases do seu ciclo de vida (Byggeth e Hoschhorner, 2006).

- Análise do Efeito Ambiental (EEA)

Os impactos ambientais em todas as fases do ciclo de vida de um produto são identificados e avaliados de maneira sistemática, através da avaliação de todas as atividades do ciclo de vida do produto que possam ter influência ambiental significativa. A partir dos resultados obtidos e dos impactos ambientais mais expressivos, são propostas maneiras de minimizar os impactos ambientais do produto em estudo. Posteriormente, essas sugestões são avaliadas e, se aceitas, realizadas por uma pessoa responsável. A Análise do Efeito Ambiental pode ser realizada em conjunto com as Design-FMEAs (Failure Mode Effect Analysis). Conseqüentemente, as ferramentas aplicadas à qualidade e ao meio ambiente são fundidas, seguindo a integração das considerações ambientais em um único sistema de gestão (Lindahl, 2000; Lindahl, 2001).

A tabela 1 analisa os métodos e ferramentas citadas acima em função dos seus dados de entrada e de saída e da sua natureza. Essas informações podem ser utilizadas na escolha da fase de desenvolvimento do produto em que as ferramentas e métodos devem ser aplicados.

**Tabela 1 – Descrição e natureza dos dados de entrada e saída dos métodos e ferramentas do ecodesign selecionados**

Métodos/ Ferramentas	Dados de Entrada		Dados de Saída	
	Descrição	Natureza	Descrição	Natureza
Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	Quantidade e tipo de materiais e energia utilizados  Inventário do ciclo de vida com todas as entradas e saídas relevantes  Caracterização completa do produto	Quantitativa	Análise da contribuição de impacto de cada fase do ciclo de vida do produto  Identificação de todos os impactos ambientais  Fornece novas idéias para a redução dos impactos ambientais potenciais mantendo a função do produto	Qualitativa e Quantitativa
Matriz Eco-Funcional	Caracterização do produto  Requisitos funcionais do produto  Benefício ao cliente e comportamento do usuário  Requisitos ambientais do produto	Qualitativa	Identificação de pontos críticos entre os requisitos funcionais e ambientais e trade-offs	Qualitativa
Casa da Qualidade para o Ambiente (QFDE)	Voz do Consumidor (VOC)  Métricas de Engenharia  Requisitos dos clientes para o produto	Semi-Quantitativa	Unidades funcionais que devem ser focadas no design do produto  Atributos e unidades funcionais importantes para o produto  Possibilidades de melhorias no design do produto para reduzir o seu impacto ambiental	Semi-Quantitativa

Matriz MET	Emissões tóxicas Materiais utilizados Consumo de energia	Qualitativa e Quantitativa	Identificação dos problemas e impactos ambientais mais importantes e significativos	Qualitativa e Quantitativa
MECO (Materiais, Energia, Químicos e Outros)	Materiais utilizados Consumo de Energia Tipo e quantidade de químicos utilizados	Quantitativa	Identificação dos aspectos ambientais críticos dos produtos	Qualitativa e Quantitativa
LiDS-wheel (Estratégias de Design para o Ciclo de Vida)	Informação básica sobre o produto	Qualitativa	Potenciais de melhorias ambientais	Qualitativa
Matriz de Avaliação da Responsabilidade Ambiental do Produto (ERPA)	Escolha de materiais Consumo de energia Resíduos sólidos Efluentes líquidos Emissões gasosas	Qualitativa	Pontuação total do desempenho ambiental do produto	Quantitativa
Matriz de Design para o Ambiente (DfE Matrix)	Informação dos Fornecedores Materiais utilizados Definição do processo de manufatura Informações da embalagem Uso e manutenção do produto	Semi-Quantitativa	Pontuação do design de um produto como parte de sua avaliação total  Comparação de alternativas de design de um produto  Áreas em que as mudanças de design são imperativas a partir de um ponto de vista ambiental	Qualitativa e Semi-Quantitativa

	Informações sobre o fim de vida do produto			
Análise ABC	Especificações do Produto	Quantitativa	Classificação do produto em áreas de acordo com o seu impacto ambiental	Qualitativa
Dez Regras de Ouro	Conceito do Produto	Qualitativa	Identificação de melhorias para o desempenho ambiental do produto	Qualitativa
Análise do Efeito Ambiental (EEA)	ACV prévio Requisitos ambientais e funcionais do produto Requisitos legais e outros Realização de QFD para determinação da demanda dos clientes Objetivos e metas internas	Qualitativa	Identificação do foco da Avaliação do Ciclo de Vida em uma área específica Verificação das conformidades legais do produto Aplicação do EEA no Design detalhado Requisitos de design	Qualitativa

Variando a exatidão dos resultados, os diferentes métodos e ferramentas apresentados mostraram-se úteis de acordo com as especificidades das fases do processo de desenvolvimento de produtos em que podem ser aplicados. A decisão de qual método e ferramenta utilizar depende principalmente do estágio do desenvolvimento de produtos, isto é, de quão detalhada são as informações de entrada e saída. Tempo e custo podem ser reduzidos e produtos ambientalmente mais corretos podem ser produzidos se o uso dos métodos e ferramentas do ecodesign se der também nas fases iniciais do processo de design de novos produtos.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

30. BARBIERI, J. C. (1997). Políticas públicas indutoras de inovações tecnológicas ambientalmente saudáveis nas empresas. RAP. Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.135-52, mar/abr.
31. BAUMANN, H.; BOONS, F.; BRAGD, A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. In: Journal of Cleaner Production 10 (2002) 409 – 425.
32. BIERMA, T.J., WATERSTARAAT, F.L. AND OSTROSKY J. 1998. “Chapter 13: Shared Savings and Environmental Management Accounting,” from The Green Bottom Line. Greenleaf Publishing: England.
33. BISHOP, P.L. (2000). Pollution prevention: fundamentals and practice. Singapore: McGraw-Hill.
34. BULCHHOLZ, R.A. (1998). Principles environmental management: the greening of business. 2nded. New Jersey: Prentice-Hall.
35. BYGGETH, S., HOCHSCHORNER, E. Handling trade-offs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement. Journal of Cleaner Production 2006;14;1420-1430.
36. CALLENBACH, E.et al. (1993). Gerenciamento ecológico: guia do Instituto Elmwood de auditoria ecológica e negócios sustentáveis. São Paulo; Cultrix.
37. COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. Livro verde sobre a política integrada relativa aos produtos. Bruxelas, 2001.

38. CRC (2004), 'Disassembly Factories for the Recovery of Resources from Product- and Material Cycles', Collaborative research center, <http://www.sfb281.tu-berlin.de/content.php?page=programm1&selection=&lg=de>.
39. GOEDKOOP, M., SCHRYVER, A.D., OELE, M. Introduction to LCA with SimaPro 7. PRé Consultants, 2006.
40. GRAEDEL E, ALLENBY R. (1995) 'Industrial ecology', Prentice Hall, New Jersey.
41. GUELERE FILHO, A. (2005). Estudo exploratório sobre gestão ambiental em micro e pequena empresa de manufatura. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005
42. HOCHSCHORNER, E., FINNVEDEN, G. Evaluation of two simplified life cycle assessment methods. In J LCA 2003;119 – 128.
43. JOHANSSON, G. Success factor for integration of Ecodesign in product development: A review of state of the art. In: Environmental Management and Health, Vol 13 (2002) 98-107.
44. LAGERSTEDT, J. Functional and environmental factors in early phases of product development - eco functional matrix. Ph.D. thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2002.
45. LEE, J., KIM, I., KWON, E., HUR, T. Comparison of simplified LCA and matrix methods in identifying the environmental aspects of products. Proceedings on EcoDesign 2003 - Third international Symposium on Environmentally Conscious Design and inverse Manufacturing Tokyo, Japan, December 8-11, 2003.
46. LEIGHTON, T. (1992). Ten trends in corporate environmentalism. Tomorrow: the global environmental magazine, v.2, n2, p 25-31

47. LEMOS, H. M. Mudança na Mentalidade Ambiental das Empresas. São Paulo: Gazeta Mercantil. 15.06.2000.
48. LINDAHL, M. E-FMEA - A new promising tool for efficient design for environment. Kalmar University, Sweden.
49. LINDAHL, M. E-FMEA - A new promising tool for efficient design for environment. Kalmar University, Sweden.
50. LINDAHL, M. Environmental Effect Analysis – How does the method stand in relation to lessons learned from the use of other Design for Environment Methods. University of Kalmar, 2001.
51. LINDAHL, M. Environmental Effect Analysis (EEA) – an approach to Design for Environment. Licentiate Thesis. Royal Institute of Technology, 2000.
52. LUTTROPP, C., LAGERSTEDT, J. Ecodesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. Journal of Cleaner Production 2006;1-13.
53. MASUI, K., SAKAO, T., INABA, A. Quality function deployment for environment: QFDE (1st report) – a methodology in early stage of DFE. 2001.
54. MASUI, K., SAKAO, T., KOBAYASH, M., INABA, A. Quality function deployment for environment (QFDE) to spread DFE on the whole company.
55. MAXWELL, D.;VAN DER WORST,R. (2003) Developing sustainable products and services. Journal of Cleaner Production, Amsterdam, v.11, p. 883-895, Oct.
56. MINESSOTA MINING AND MANUFACTURING (2004). Pollution Prevention Pays. Disponível em:<<http://www.3m.com>>. Acesso em: 25 abr. 2004.



57. NIELSEN, P.H.; WENZEL, H. Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment. In: Journal of Cleaner Production 10(2002) 247-257.
58. SAKAO, T., MASUI, K., KOBAYASHI, M., AIZAWA, S. Quality function deployment for environment: QFDE (2nd report) – verifying the applicability by two case studies. 2001.
59. SAKAO, T., MASUI, K., KOBAYASHI, M., INABA, A. QFDE (Quality Function Deployment for Environment) and LCA: an effective combination of tools for DFE.
60. SÁNCHEZ, L.E. (2001). Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: EDUSP.
61. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Division of Technology Industry and Economics. Financing Cleaner Production (2004). Profiting from cleaner production: resource kit for training checklists for action. Disponível em: <<http://www.financingcp.org/training/training.html>>. Acesso em: 23 Apr. 2004.
62. VAN WEENEN, J.C. (1995). Towards sustainable product development. Journal of Cleaner Production, Amsterdam, v.3, n.1/2, p.95-100.
63. WEENRN, J.C. Towards sustainable product development. In: Journal of Cleaner Production, Vol. 3 (1995), No. 1-2, 95-100.
64. YARWOOD, J.M., EAGAN, P.D. Design for the Environment – A competitive edge for the future. Minnesota Office of Environmental Assistance.

## VI. A Contribuição da Análise Ergonômica ao Projeto do Produto Voltado para a Reciclagem

Rose Mary Rosa de Lima<sup>1</sup>

Eduardo Romeiro Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Engenharia de Produção – DEP/UFMG; Pesquisadora do Laboratório Integrado de Design e Engenharia do Produto – LIDEP/UFMG – Rua Silva Jardim, 51 – Centro – Santa Luzia/MG – 33010-210; rmlima@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Dr. Engenharia de Produção – COPPE/UFRJ; Professor Adjunto da Universidade Federal de Minas Gerais – DEP/UFMG – Rua Mantena, 334/304 - Bairro Ouro Preto – Belo Horizonte/MG – 31310-430; romeiro@dep.ufmg.br

---

### Resumo

Este artigo apresenta um estudo sobre abordagens do *Design for X* (DFX), enfatizando o Projeto para Meio Ambiente, especificamente o Projeto para Reciclagem e o Projeto para Desmontagem. O estudo se justifica pela necessidade de considerar a demanda ambiental no setor produtivo, a demanda social e a demanda de informação ao projetista na etapa do desenvolvimento de produto. Verifica-se que os produtos são projetados considerando-se apenas as operações de montagem. Tendo em vista as questões ambientais, os projetistas necessitam observá-los também em termos de desmontagem para viabilizar a reciclagem. Ainda assim, vários métodos para analisar as deficiências de projeto do produto têm sido descritos na literatura, sendo em maioria quantitativos ou simulações feitas por computador, não levando em consideração a atividade real dos “trabalhadores da reciclagem”. A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é sugerida como metodologia de apoio ao Projeto para Meio Ambiente, para avaliar as dificuldades na desmontagem do produto que interferem na reciclagem. Este estudo foi realizado na Associação de Catadores de Papel, Papelão e Materiais Reaproveitáveis (Asmare) e teve como foco a análise da desmontagem da embalagem Politereftalato de Etileno (PET).

Demonstrou-se que a análise das dificuldades derivadas da atividade da desmontagem do produto fornece meios para identificar as características do produto, definidas em projeto, que interferem na reciclagem. Portanto, as estratégias de desmontagem e as condições de trabalho dos envolvidos nestes processos devem ser levadas em consideração na fase inicial do projeto do produto, o que trará benefícios aos trabalhadores, aos recicladores, às indústrias e, em última análise, ao próprio meio ambiente. Ao final da análise, foram feitas investigações em fábricas que utilizam a embalagem PET para obter informações sobre os pontos fracos do produto do ponto de vista do Projeto para Reciclagem. As investigações demonstraram que os fabricantes não detêm conhecimentos sobre as dificuldades que seus produtos oferecem aos “trabalhadores da reciclagem”.

**Palavras-Chave:** Análise ergonômica, projeto para meio ambiente, reciclagem, desmontagem.

## **The Contribution of Ergonomic Analysis in the Product Design for Recycling**

### **Abstract**

This paper presents a study about approaches dealing with Design For X (DFX), with emphasis on Design For Environment, specifically the Design For Recycling and Design For Disassembly. This study is justified by the necessity to consider the environmental demands in the production setor as well as the social demands and the information needed by the designers in the stage of product development. This research shows that the products are designed considering only the building process. Having the environmental questions in mind, the designers need to also consider how to dismantle those products to make the recycling possible. Various methods to analyze the project deficiencies of the product have been described in the literature. The majority of the methods are quantitative or computer simulation, and do not take into consideration the real activity of the “recycling workers”.

The Work Ergonomic Analysis (WEA) emerges as a helpful methodology for the Environmental Project to evaluate the difficulties of products disassembly that interfere in the recycling. This study was performed at the Association of Collectors of Paper, Cardboard and Reusable Materials (Asmare), and has its focus in the analysis of the disassembly of containers made of Polyethylene terephthalate (PET).

It is demonstrated that the analysis of the difficulties derived from the activities of disassembly of materials supplies means to identify the product characteristics defined during its design stage that interfere with the recycling process. Therefore, the strategies of disassembly and the work conditions of those involved in these processes should be brought into consideration in the initial phase of the product design. This will have benefits for the workers, the recycling companies, industries and to the environment.

At the end of the analysis, investigations were made in factories that use PET containers, to obtain information about the weak points of the process from the viewpoint of Design For Recycling. The investigations demonstrate that the factories did not withhold knowledge of the difficulties that the products give to the “recycling workers”..

**KEYWORDS:** Ergonomics analysis, design for environment, recycling, disassembly.

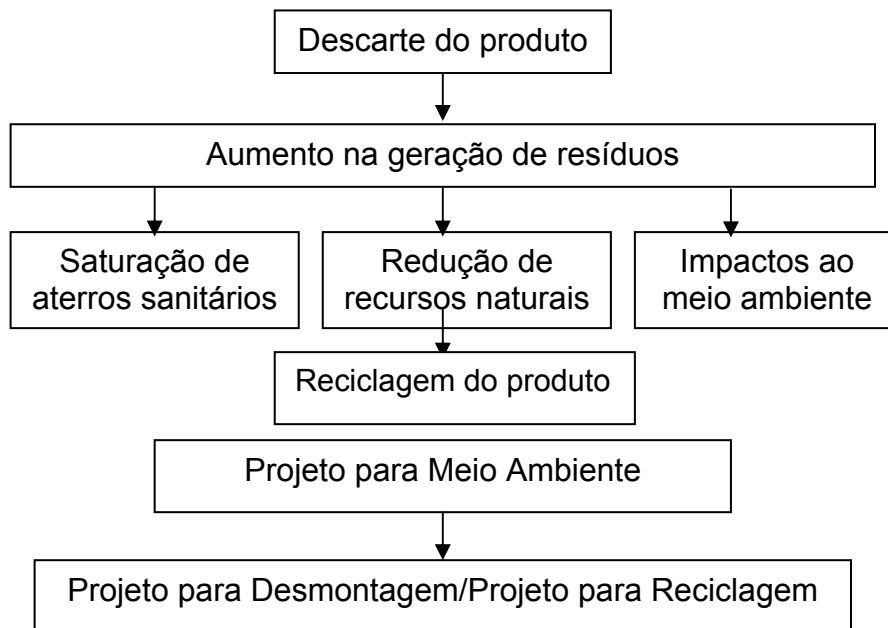
## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com as questões ambientais tem aumentado significativamente. Até a década de 1970, a questão ambiental era vista apenas como uma barreira para o desenvolvimento tecnológico, e as legislações regulamentavam os efeitos ambientais apenas no final do processo de alguns setores industriais, tais como siderurgia, petroquímica e papel/celulose, mediante *end of pipe solutions* (soluções de fim de tubo) – soluções caras e vistas pelos empresários como uma “punição” por causa de sua atividade. Já nas décadas de 1980 e 90, notou-se uma modificação do pensamento ecológico por parte das indústrias e da sociedade, que começaram a perceber que a sobrevivência atual e o futuro da humanidade estão vinculados à ampliação da demanda ecológica sobre as atividades produtivas e consumidoras da sociedade (BITENCOURT, 2001, p. 1). Essa situação tem demandado mudanças no padrão de consumo da sociedade atual, levando as empresas a lançar novos produtos no mercado de forma cada vez mais acelerada. Conseqüentemente, o ciclo de vida dos produtos se torna progressivamente curto e a quantidade de produtos descartados no meio ambiente aumenta drasticamente.

Em decorrência da necessidade de conservação dos recursos naturais, com áreas cada vez mais reduzidas para a destinação final dos resíduos sólidos que limitem contaminação do meio ambiente, urge que sejam encontrados meios para uma destinação correta dos resíduos. Os fabricantes e os projetistas já estão sendo pressionados pelos governos por meio de leis ambientais e as tendências atuais da legislação de proteção ambiental indicam que os fabricantes serão responsáveis pela destinação final do produto, após o final da sua vida útil. Diante disso, uma reavaliação do paradigma tradicional de produção tem emergido. Novas ferramentas e métodos de Projeto para Meio Ambiente buscam alternativas para produtos mais adequados às novas necessidades de preservação ambiental.

A reciclagem do produto, após o fim do ciclo de vida, vem sendo uma das formas mais sensatas para tratar esse problema. Por outro lado, a maioria dos produtos fabricados entre quinze e vinte anos atrás, e que atualmente são

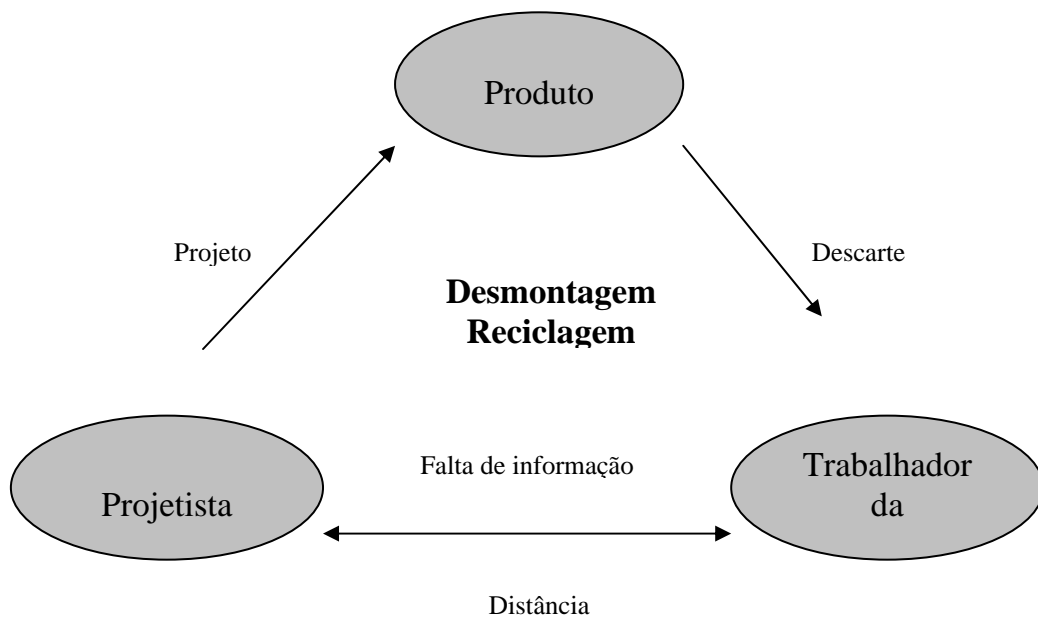
descartados no meio ambiente, não foram projetados para serem reciclados. As conseqüências disso já são visíveis pela saturação dos aterros sanitários, pela redução dos recursos naturais e pelos impactos ao meio ambiente. Diante disso, pesquisas atuais vêm sendo direcionadas ao Design for Environment (DFE), especificamente, ao Design for Disassembly (DFD) e ao Design for Recycling (DFR), expressões inglesas que podem ser traduzidas como Projeto para Meio Ambiente, Projeto para Desmontagem e Projeto para Reciclagem, respectivamente (Fig. 1).



**FIGURA 1** – Configuração do problema do descarte do produto

O DFD é o fator-chave para o DFR porque possibilita a remoção de componentes para o reaproveitamento e para a reciclagem de produtos. Segundo Kriwet et al (1995), o projetista exerce papel fundamental no melhoramento da reciclabilidade do produto, pois ele tem de levar em consideração os requisitos do processo de reciclagem. Entretanto, é difícil para o projetista projetar pensando na reciclagem, levando em consideração a atividade do trabalhador que vai lidar com esse processo (desmontagem e/ou reciclagem) (Fig. 2). Duarte (1997) ressalta que esse tipo de atividade, por estar mais distante do fabricante, raramente recebe atenção dos projetistas. As conseqüências, por sua vez, já são visíveis pela saturação dos locais de

disposição final de produtos – os aterros sanitários. Torna-se difícil para o projetista obter as informações necessárias para o atendimento de melhorias dentro do campo de desenvolvimento de novos e de reprojeto de produtos. Dentro desse contexto, o problema se manifesta nas dificuldades encontradas para a desmontagem dos componentes do produto, consideradas como ineficiências do projeto, que, conseqüentemente, inviabiliza o processo da reciclagem.



**FIGURA 2** – O produto como relação entre o projetista e o trabalhador da reciclagem

Neste trabalho propõe-se o uso da metodologia da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) como ferramenta de apoio ao projeto do produto (GUÉRIN et al., 2001). Assim, o foco principal da pesquisa é a análise do processo de desmontagem, buscando identificar os pontos de possíveis melhorias do projeto do produto, vistos a partir da atividade do “trabalhador da reciclagem” em um dos grandes centros de triagem para a reciclagem do setor de embalagens. Trata-se de uma investigação acerca de como e por que o produto que não foi projetado com os requisitos ambientais afeta na atividade do trabalhador. Dessa forma, essa metodologia pode auxiliar o projetista,

trazendo elementos úteis à concepção do produto. O estudo de caso em uma unidade de triagem para a reciclagem de produtos de uso cotidiano, além de ser considerado um modelo sustentável e bem-sucedido em vários países, principalmente no Brasil, tem ainda a vantagem de ser exemplar como demonstração empírica da aplicação da AET, que tem como cerne a análise da atividade em situação real. Dentro desse contexto, as justificativas desta pesquisa são apresentadas sobre três aspectos: o primeiro refere-se à demanda ambiental no setor produtivo; o segundo refere-se à demanda social e o terceiro refere-se à demanda de informação do projetista na etapa do desenvolvimento de produto.

## **2. METODOLOGIA**

Nesta pesquisa optou-se pelo método do Estudo de Caso por suas características: por ser um método qualitativo; por ter um enfoque para abordar pesquisas que tratam de problemas sociais; por ser mais adequado para pesquisas exploratórias; por ser um método aplicável a questões explicativas do tipo “como” e “por quê”; pela capacidade de lidar com uma completa variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações; e por ser um método mais eficaz ao estudo de eventos contemporâneos, em situações onde é possível se fazer observações diretas e entrevistas sistemáticas. Seguindo esta orientação, este trabalho de pesquisa foi conduzido por meio da análise exploratória e apoiado pela metodologia da AET, mediante o levantamento de problemas ocorridos em situações reais de trabalho junto à desmontagem de produtos de uso cotidiano no Brasil. A AET estuda a atividade de trabalho do homem, em situação real, por meio de métodos de observação, entrevistas, verbalizações e outras técnicas de registro. A análise exploratória no local a ser pesquisado determinou a escolha do método e a metodologia de apoio. Optou-se por uma associação que trabalha com a separação/desmontagem de produtos para a reciclagem e que já possuía uma infra-estrutura para tal.

Para realização da pesquisa por meio da AET, inicialmente trabalhou-se com as observações gerais e entrevistas com os trabalhadores, a fim de obter um conhecimento global do funcionamento da empresa e construir a análise da demanda. Em seguida, foram realizadas observações das atividades, entrevistas (registros manuais e gravações áudio) com os triadores (operadores que executam as atividades de separação e desmontagem dos materiais e produtos recicláveis) e demais envolvidos, análise documental, levantamento fotográfico da atividade e verbalizações (interruptivas e consecutivas). No final, foram realizadas discussões com os trabalhadores, expondo as representações identificadas durante as observações e permitindo a confrontação dos resultados.

A escolha da situação a analisar foi definida em decorrência do posto de trabalho, onde se constatou o maior número de problemas levantados. O posto de trabalho escolhido foi o setor de triagem de material reciclável. A validação da análise da atividade é uma etapa indispensável da AET. Esta etapa trata da devolução dos resultados obtidos a partir da análise aos trabalhadores e demais atores envolvidos, com os seguintes objetivos:

- Retornar as informações àqueles que as forneceram;
- Corrigir e completar o trabalho de pesquisa.

A devolução e a correção dos resultados foram realizadas por meio de reuniões com as pessoas ligadas à diretoria da associação e aos trabalhadores envolvidos na pesquisa, no próprio local de trabalho. Esta etapa foi realizada de forma individual e em grupos, conforme descrito no Quadro 1.



**Quadro 1: Etapas da validação da análise da atividade**

<b>DATA</b>	<b>ENCONTROS</b>	<b>OBJETIVOS</b>
21 de março de 2003	Encontro com a Coordenadora Geral e com a Agente Social da Pastoral de Rua	– Discutir os resultados da análise da atividade e a forma de devolução aos trabalhadores; – Apresentar um pré-relatório escrito para apreciação e para futuros comentários.
28 de março de 2003	Encontro com grupo de trabalhadores envolvidos na análise da atividade	– Devolver os resultados da análise da atividade por meio de uma apresentação e discussões; – Apresentar um pré-relatório escrito para apreciação e comentários no próximo encontro.
8 de abril de 2003	Encontro com os trabalhadores (individual)	– Comentar, corrigir e completar o trabalho de pesquisa
17 de abril de 2003	Encontro com a Agente Social da Pastoral de Rua	– Comentar, corrigir e completar o trabalho de pesquisa.
24 de abril de 2003	Encontro com a diretoria	– Apresentação dos resultados e de propostas para trabalhos futuros

Após a etapa da validação, foram realizadas visitas técnicas em duas fábricas dos principais produtos que utilizam a embalagem PET. As visitas foram realizadas em duas fábricas de refrigerantes situadas em Belo Horizonte, consideradas de médio porte (empresa “A”) e grande porte (empresa “B”). A empresa “A” produz refrigerantes de mercado regional, enquanto a “B” é uma franquia de marca existente em todo o mundo. As visitas foram acompanhadas pelo técnico químico (“A”) e pelo coordenador de produção (“B”), e foram guiadas por perguntas abertas direcionadas ao processo de produção e à fabricação da embalagem e de seus componentes (Quadro 2).

**Quadro 2: Visitas técnicas**

<b>Visita técnica</b>	<b>Acompanhamento da visita</b>	<b>Produto(s)</b>	<b>Processos desenvolvidos</b>
Empresa “A”	Técnico em Química	Refrigerantes em embalagens de vidro e PET	– Envase dos produtos.
Empresa “B”	Coordenador de produção	Refrigerantes em embalagens de vidro, alumínio e PET	– Sopro das embalagens PET – Fixação de rótulos nas embalagens; – Envase dos produtos.

As visitas técnicas tiveram caráter investigatório sobre o problema focado. Os objetivos principais das visitas foram: 1. conhecer o processo de desenvolvimento do produto, especificamente da embalagem; 2. fornecer aos projetistas informações sobre as deficiências de projeto do produto do ponto de vista do DFR; e 3. verificar a possibilidade de modificação no processo para facilitar a atividade do “trabalhador da reciclagem”.

A revisão de literatura refere-se às abordagens de Projeto para X – Design For X (DFX) baseadas nos conceitos da Produção Ambientalmente Consciente – Environmentally Conscious Production (ECP): Projeto para o Meio Ambiente – Design For Environment (DFE), enfatizando o Projeto para Desmontagem – Design for Disassembly (DFD); e o Projeto para Reciclagem – Design For Recycling (DFR). Os diferentes paradigmas apresentados fornecem aos projetistas ferramentas, informações, aplicações e diretrizes para incorporar o componente “reciclagem” no projeto do produto. Na década 1990, as preocupações com o meio ambiente fizeram emergir vários assuntos sobre desmontagem e reciclagem durante os estágios do projeto. Diante disso, os pesquisadores começaram a focar seus estudos no Projeto para o Ciclo de Vida (DFCL), Projeto para o Meio Ambiente (DFE), Projeto para Desmontagem (DFD) e Projeto para Reciclagem (DFR). Esses estudos são chamados, de forma genérica, “Projeto para X” (DFX). A partir dessa época torna-se cada vez

mais ampla a literatura sobre aplicações de DFX no design e na produção de bens.

### **3. DESIGN FOR X**

O DFX é uma abordagem integrada para projetar produtos e processos para efeito de custo, operações com fluxo de alta qualidade. A partir da produção, mediante serviço e manutenção, seu objetivo é reduzir o tempo para o mercado, baixar o custo e aumentar a qualidade do produto (GUNGOR; GUPTA, 1998). Graedel e Allenby (1996) consideram o DFX como abordagens modernas de projeto que o projetista tem que utilizar para considerar os atributos relacionados ao produto. Huang (1996, p. 14) considera o DFX uma filosofia e uma metodologia que pode auxiliar as empresas a gerenciar o desenvolvimento de um produto, o que pode torná-las mais competitivas.

#### **31. Projeto para Meio Ambiente**

O Projeto para Meio Ambiente (PPMA) – Design for Environment (DFE) é uma aproximação abrangente para o desenvolvimento do produto que considera os impactos ambientais de um produto em todo seu ciclo de vida (FISKEL et al, 1994 apud HANFT; KROLL, 1996). Segundo Prates (1998), um dos objetivos do DFE é avaliar o desempenho ambiental do produto, reduzindo os recursos não renováveis utilizados em sua construção e possibilitando a reciclagem do produto após o uso. O DFE utiliza os conceitos de ciclo de vida juntamente com alguns princípios-chave como a minimização de recursos materiais e de energia para redução do impacto ambiental. O DFE vem se expandindo, e com isso está se tornando um módulo do DFX, cujas abordagens são: Projeto para Modularidade (*Design for Modularity – DFM*); Projeto para Remanufatura (*Design for Remanufacture*); Projeto para Reúso (*Design for Reuse*); Projeto para Desmontagem (*Design for Disassembly – DFD*) e Projeto para a Reciclagem (*Design for Recycling – DFR*), como mostra

a Fig. 3. Essas abordagens visam, de forma geral, projetar o produto para o prolongamento de sua vida útil ou para a fácil reciclagem.

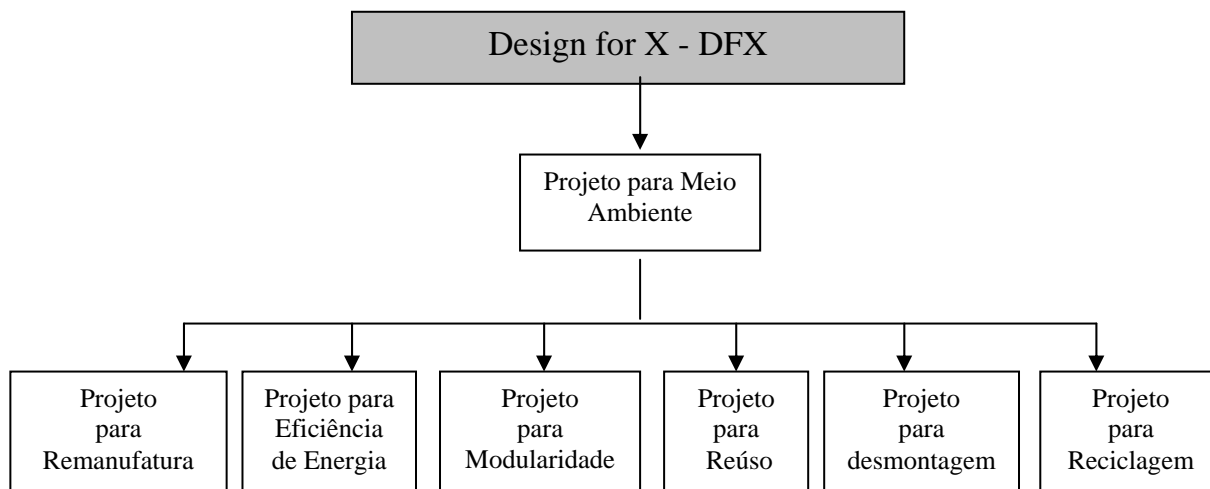


Figura 3 - Tipos de abordagens do DFE

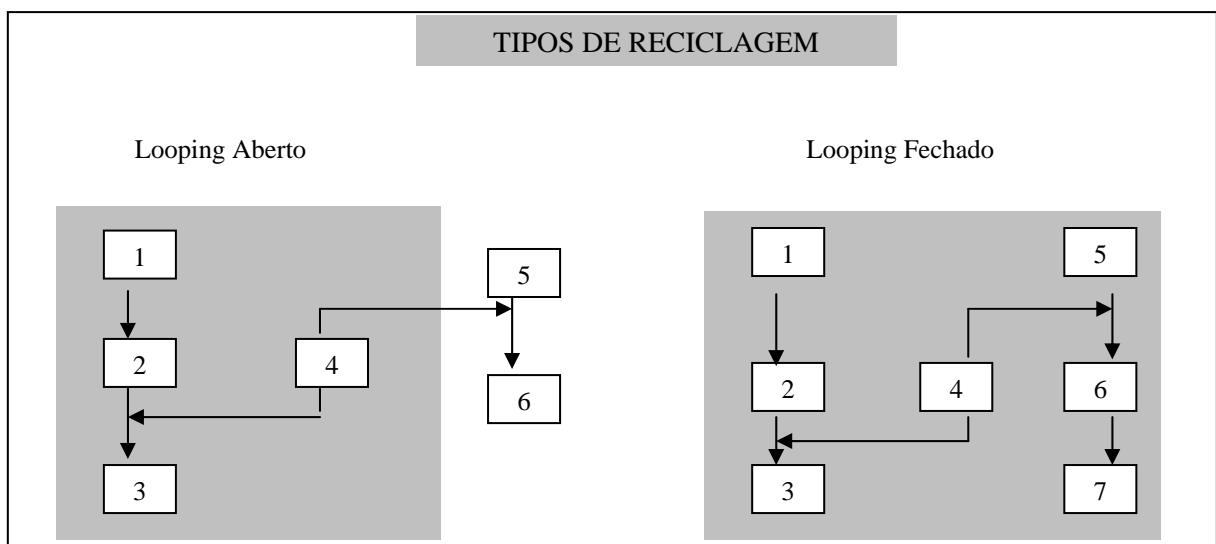
#### 4. O PROJETO PARA DESMONTAGEM E O PROJETO PARA RECICLAGEM

O Projeto para Desmontagem – Design for Disassembly (DFD) – é considerado um componente-chave para qualquer estrutura de trabalho do DFE. O DFD é uma das estratégias disponíveis para a concepção de produtos cuja reciclagem seja economicamente justificada. Duarte (1997) ressalta que o projeto do produto deve prever a desmontagem visando a viabilidade da remanufatura, o reaproveitamento de componentes e a reciclagem de materiais. A desmontagem pode ser definida como o método sistemático para a separação de peças, componentes e subconjuntos de um produto. É usada na reciclagem e na reprodução, pois, através da separação seletiva de peças e materiais, possibilita aumentar a faixa de recuperação do produto.

O Projeto para Reciclagem – *Design for Recycling* (DFR) significa projetar um produto prevendo a sua re ciclagem com o objetivo de facilitar a sua desmontagem para recuperação do material. A reciclagem é o processo de recuperação dos materiais e componentes de produtos usados que são utilizados em novos produtos. É necessária a desmontagem do produto, de maneira que os materiais e os componentes individuais possam ser reusados ou reciclados. Os principais objetivos para se projetar um produto visando à reciclagem são economia de energia; redução de material; reutilização de

componentes; reciclagem de materiais; prolongamento da vida útil de aterros sanitários.

Segundo Magalhães (1998), a reciclagem pode ser dividida em dois sistemas distintos: o *looping* (ciclo) fechado e o *looping* aberto (Fig. 4). O *looping* fechado ocorre quando um ou mais resíduos de um sistema produtivo são coletados e retornam ao mesmo sistema, ou seja, são reutilizados sem deixar o sistema produtivo de origem. Como exemplo temos o aproveitamento de rebarbas durante a fabricação de peças de alumínio, quando estas são novamente fundidas e reprocessadas no mesmo ciclo de produção. Exemplos comuns são também a reutilização de óleos, refrigeradores, etc. O *looping* aberto ocorre quando determinado rejeito de um sistema é utilizado por outro sistema produtivo. Na indústria gráfica, por exemplo, as rebarbas de papel são utilizadas na fabricação de papéis “menos nobres”, como papel-jornal. Essa reciclagem, porém, é realizada em outro sistema de produção. O mesmo ocorre em relação às garrafas do tipo “PET”, que não podem ser reutilizadas na fabricação do mesmo produto, embora sejam reaproveitadas de forma crescente, em diferentes aplicações, como fabricação de fios, vassouras, etc. Esses dois tipos de enfoque vêm sendo cada vez mais utilizados pelas indústrias, inclusive no Brasil, onde se observa um notável crescimento em termos de reutilização de materiais e produtos.



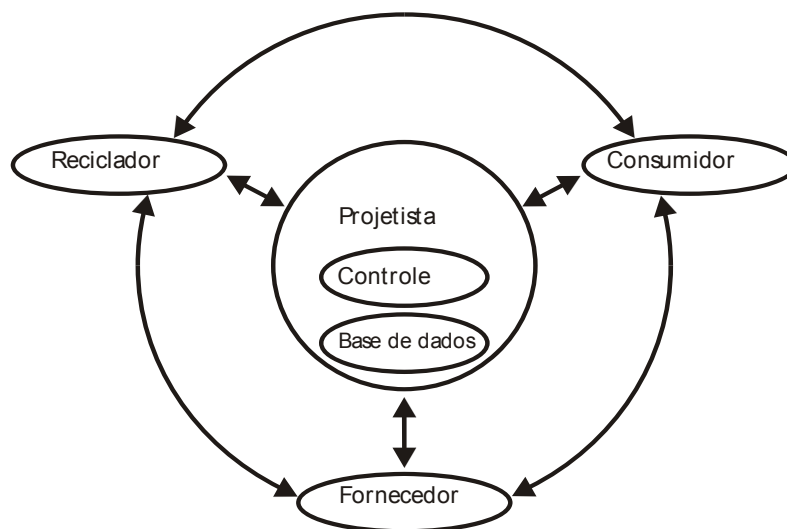
**Figura 4 - Tipos de reciclagem**  
**Fonte – Adaptado de CHEHEBE, 1998. p. 62.**

A partir da década de 1990, vários estudos vêm sendo desenvolvidos direcionados para a desmontagem de produtos que facilitem a reciclagem (GUPTA e MACLEAN, 1996; HANFT e KROLL, 1996; KRIWET et al, 1995; MOK et al, 1997; RON e PENEV, 1995; KROLL E CARVER, 1999; NEVES, 2002; e outros). A maioria dos estudos mostra que os produtos fabricados até a década de 1980, atualmente descartados em forma de lixo, não foram projetados para serem desmontados facilmente, acarretando problemas cada vez maiores, como o esgotamento dos aterros sanitários. A separação de componentes de produtos descartados é um processo que pode reduzir bastante o problema, além de prolongar o ciclo de vida de determinadas matérias-primas, reduzindo o consumo energético para sua produção e reduzindo a demanda do meio ambiente. O caso das latas de alumínio no Brasil é exemplar, embora não exista aí a separação de componentes (o que talvez seja, além dos altos custos energéticos do alumínio, uma das causas do sucesso).

Hanft e Kroll (1996) realizaram um estudo através de um procedimento para avaliação da fácil desmontagem para a reciclagem do produto. O procedimento é demonstrado através da avaliação de um teclado de computador e consiste de um gráfico de avaliação de desmontagem correspondente das tarefas difíceis. Os resultados difíceis derivados da análise de medição do trabalho das tarefas de desmontagem padrão fornecem meios para identificar as fraquezas no projeto. Para maximizar o retorno aos projetistas, o método analisa as fraquezas do projeto, capturando as fontes de dificuldades na performance de cada tarefa.

Kriwet et al (1995) propõem um estudo onde é analisada a desmontagem de uma máquina de lavar roupas. O estudo demonstrou a necessidade de modificação no projeto, por meio de uma submontagem. Os autores apontaram duas sugestões: agrupamentos dos componentes elétricos/eletrônicos e o uso de presilhas especiais para ligar a tampa. Ambas as sugestões foram apontadas para possibilitar a fácil desmontagem. Após a finalização da modificação do projeto, concluiu-se que houve um melhor reaproveitamento das peças por facilidade da desmontagem, com vistas na reciclagem dos materiais. Os autores apresentam uma abordagem da

reciclagem através de uma integração sistemática, onde é introduzida uma rede de reciclagem definindo diferentes tipos de mensagens entre o “servidor” (projetista) e os “clientes” (consumidores, recicladores e fornecedores) e entre o sistema de reciclagem (Fig. 5). A rede de reciclagem trabalha junto com o ciclo de vida do sistema e fornece as informações relevantes a cada fase. Partindo do estágio do projeto conceitual, a rede permite aos projetistas representar e comunicar a informação pertinente ao projeto. A troca de informação que ocorre na rede é sobre assuntos ambientais e financeiros; por exemplo, na base de dados ambientais são fornecidas informações sobre legislação, processos de reciclagem, materiais e a história do produto. São diretrizes simples, fáceis de aplicar e de avaliar na estrutura de trabalho da rede do projeto para a reciclagem.



**Figura 5 - Rede de reciclagem**

**Fonte –** KRIWET et al., 1995. p. 18.

Mok e Moon (1997) apresentam um algoritmo para analisar a desmontagem do produto. Os autores analisaram as características dos materiais e as características geométricas das peças, subconjuntos e elementos de ligação usados no automóvel. O mecanismo de desmontagem entre as peças e os subconjuntos é analisado no sentido de avaliar a

desmontagem de peças recicláveis em automóveis sucateados. Os pontos fracos identificados neste estudo foram: dificuldade de inserir uma ferramenta para desmontar peças em pontos de pressão e a dificuldade de sustentação da força de pressão nas juntas.

Kroll e Carver (1999) apresentam uma análise de desmontagem do produto utilizando o método de estimativa de tempo de desmontagem com o objetivo de auxiliar os projetistas a identificar as fraquezas do projeto, do ponto de vista da desmontagem. A avaliação baseada no tempo de desmontagem é aplicada em uma broca elétrica e as dificuldades associadas com a criação de outras métricas de desmontagem são discutidas. O autor ressalta que o método utilizado fornece medidas importantes para a facilidade de desmontagem, quando utilizadas para comparar projetos alternativos do mesmo produto.

Neves (2002) apresenta um estudo sobre a desmontagem do produto para a reciclagem. Fez-se uma análise da desmontagem manual de um refrigerador doméstico para verificar as dificuldades do processo. O processo manual foi comparado a um processo que utiliza ferramentas elétricas ou pneumáticas. Após a desmontagem do produto, cada material foi agrupado, pesado e valorado de acordo com o valor de mercado. O estudo demonstrou que a viabilidade econômica da desmontagem sistematizada do produto induz os novos projetos de produtos a facilitar a sua desmontagem.

Segundo Kriwet et al (Op. Cit.), o projetista exerce um papel fundamental no melhoramento da reciclabilidade do produto, pois ele tem que levar em consideração os requisitos do processo de reciclagem. Torna-se difícil para o projetista, projetar para a reciclagem pensando, por exemplo, na atividade do trabalhador que vai lidar com esse processo. Duarte (1997) ressalta que este tipo de atividade, por estar mais distante do fabricante, raramente recebe atenção dos projetistas e as conseqüências já são visíveis através da saturação dos locais de disposição final de produtos – os aterros sanitários. Nesse sentido, a Análise Ergonômica do Trabalho dos recicladores, por meio do levantamento dos problemas ocorridos em situações reais de trabalho junto à desmontagem de produtos de uso cotidiano no Brasil, pode contribuir



fornecendo diretrizes aos projetistas para o desenvolvimento de novos produtos ou para o reprojeto de outros, no sentido de facilitar a reciclagem.

## **5. ESTUDO DE CASO – ANÁLISE DA ATIVIDADE DE DESMONTAGEM DA EMBALAGEM “PET”**

O objetivo deste estudo foi analisar a desmontagem de um produto de alto consumo no país, realizado por uma associação voltada para a reciclagem. Foi analisada uma situação de trabalho na Associação de Catadores de Papel, Papelão e Materiais Reaproveitáveis (ASMARE) situada em Belo Horizonte (MG), por meio da desmontagem de embalagens PET para a reciclagem. O PET – Poli (tereftalato de etileno) é um poliéster, polímero termoplástico que foi introduzido no Brasil em 1988, utilizado primeiramente na indústria têxtil que, a partir de 1993, passou a ter uma forte expressão no mercado de embalagens, principalmente para os refrigerantes (ABEPET, 2007). A escolha por este produto foi feita por estar inserido na realidade brasileira e por apresentar uma evolução do consumo de materiais plásticos no Brasil. Para ilustrar, a tabela 1 mostra esta evolução.

**Tabela 1: Evolução do Consumo de Embalagens PET no Brasil.**

<b>Ano</b>	<b>Consumo para Embalagens</b>
1994	80.000 toneladas
1995	120.000 toneladas
1996	150.000 toneladas
1997	185.700 toneladas
1998	223.600 toneladas
1999	244.800 toneladas
2000	255.100 toneladas
2001	270.000 toneladas
2002	300.000 toneladas
2003	330.000 toneladas
2004	360.000 toneladas
2005	374.000 toneladas

**Fonte – ABEPET (2007)**

A embalagem PET, utilizada para refrigerantes, por ser constituída de diferentes tipos de resina, como mostra a tabela 2, exige para a sua reciclagem a separação destes componentes. A seguir, será apresentada a descrição simplificada da análise do estudo, as dificuldades detectadas na situação de trabalho relacionadas, especificamente, aos problemas de projeto e as diretrizes direcionadas aos projetistas.

**Tabela 2: Composição do Material da Embalagem PET.**

<b>Componente</b>	<b>Material</b>
Tampa	PEAD (polietileno de alta densidade)
Lacre (anel)	PEAD (polietileno de alta densidade)
Rótulo	PEBD (polietileno de baixa densidade)
Frasco	PET (politereftalato de etileno)

A recuperação dos diferentes tipos de resina que compõem a diversidade das embalagens plásticas, durante a reciclagem pode ser obtida por dois tipos de processo: manual e automatizado. O processo manual é aquele utilizado nas associações e nas usinas de triagem para atender a um mercado que absorve o material previamente separado. Já o processo

automatizado não necessita de uma separação prévia, ou seja, toda a resina é encaminhada misturada e sua separação ocorre em um processo posterior. O Quadro 3 mostra as vantagens e as desvantagens de cada um dos processos:

**Quadro 3: Vantagens e Desvantagens dos Tipos de Processos de Separação de Resinas.**

TIPO DE PROCESSO	VANTAGENS	<i>DESVANTAGENS</i>
Separação manual de resinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exige baixo investimento;</li> <li>– Oferece maior geração de empregos;</li> <li>– Obtém um material mais puro;</li> <li>– Menor possibilidade de ocorrer contaminação do processo;</li> <li>– Produção de artefatos com melhor qualidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Processo mais lento;</li> <li>– Apresenta maior dificuldade para separação e identificação dos diversos tipos de resinas</li> </ul>
Separação automatizada de resinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Processo mais rápido;</li> <li>– Apresenta maior facilidade para separação e identificação dos diversos tipos de resinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exige altos investimentos em equipamentos especiais;</li> <li>– Maior possibilidade de ocorrer contaminação do processo;</li> <li>– Restrição à produção de artefatos (permite a fabricação de produtos com espessuras grandes como, por exemplo: mourões de cercas, formas de concreto);</li> <li>– Produção de artefatos de baixa qualidade;</li> <li>– Redução de geração de empregos.</li> </ul>

Fonte – Dados extraídos de IPT (2000. p. 150-154)

Este estudo surgiu como forma de identificar as dificuldades encontradas no processo de reciclagem, em particular, das embalagens de uso domiciliar. Para tal foi utilizada a metodologia de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) (GUÉRIN et al, 2001; LIMA, 1995 e 1996; WISNER, 1987). A AET representa a ergonomia centrada sobre as atividades dos trabalhadores. Segundo Lima (1995), a ergonomia é definida como “ciência transdisciplinar cuja especificidade está dada pelo objetivo teórico-prático de conhecer e transformar o trabalho, se apoiando em análises de situações reais”. O enfoque desta pesquisa foi dado na atividade da triagem de materiais recicláveis, mais especificamente, no setor de triagem dos produtos de plástico, local

considerado crítico por apresentar um grande volume, variedade e acúmulo de materiais, além de apresentar dificuldades na execução das tarefas.

## **6. CARACTERÍSTICAS DA ASMARE**

A Asmare é formada por uma comissão central, dividida em sete comissões de trabalho: religiosidade; infra-estrutura; divulgação e imprensa; saúde; finanças; educação e cultura; e meio ambiente, tendo um membro representante cada uma. Possui 356 associados, sendo que 250 são considerados permanentes e a maioria já foi catador de papel. A unidade analisada possui cerca de 150 associados organizados em um escritório, uma marcenaria, uma oficina de artesanato, uma cozinha e três galpões, que funcionam da seguinte forma:

1. galpão de triagem do material proveniente da coleta seletiva e de doações de empresas;
2. galpão de triagem do material dos catadores informais;
3. galpão operacional (enfardamento e comercialização do material triado).

A Associação possui três unidades em Belo Horizonte e trabalha com os materiais advindos da coleta seletiva, de doações e dos materiais coletados nas ruas. Dentre as três unidades, apenas uma trabalha com o material da coleta seletiva, das doações e parte da coleta informal. Coleta informal é a coleta realizada nas ruas pelos “catadores de rua”, normalmente transportada em carrinhos de madeira (tração humana). As outras duas trabalham apenas com o material da coleta informal.

A população trabalhadora do setor de triagem é formada por 1 balanceiro, 2 ajudantes e 23 triadores. O grupo dos triadores é formado por 20 mulheres e 3 homens na faixa etária de 16 a 66 anos, predominando a faixa de 18 a 26 anos. O tempo de serviço varia de 2 meses a 12 anos, sendo que a maioria possui de 2 a 3 anos de experiência, com o 1º grau incompleto.

As principais queixas dos trabalhadores são:

- dores nas costas e na coluna;
- olhos ardendo e coçando (principalmente nos boxes de papel);
- dores nas pernas;
- dores nos pés;
- material muito misturado;
- carregamento de peso;
- cortes nas mãos e dedos;
- presença de ratos.

Para realização deste estudo, optou-se pela unidade que recebe o material da coleta seletiva, que compreende grande parte do material proveniente do lixo domiciliar, que é o objeto desta investigação. Nesta unidade, a análise ergonômica foi focada no galpão de triagem, por centralizar o maior número dos problemas detectados (Fig 6). O fluxo do processo de separação do material inicia no galpão de triagem com o recebimento do material e finaliza com a comercialização do material enfardado.



**Figura 6** – Galpão de triagem

## 6.1 Análise da desmontagem da embalagem PET

A tarefa para desmontagem da embalagem PET requer: desenroscar a tampa, retirar o lacre (anel) e remover o rótulo. A tarefa é descrita em função da atual exigência dos compradores. De acordo com o relato de uma triadora: Antes, o PET era separado só pela cor e não precisava de tirar o rótulo, nem a tampa e nem o anel. Agora, os compradores não compram se a gente não retirar. O que mais demora aqui é retirar o anel. Se não tivesse ele, seria muito mais fácil.

Após a desmontagem, as peças devem ser separadas e armazenadas em fardos de acordo com o tipo do material e a embalagem PET deve ser separada conforme a cor. Para o desenvolvimento da atividade real, as triadoras do setor retiram o lacre e removem o rótulo com a utilização de uma faca “tipo serra”, considerada uma desmontagem não destrutiva (Fig. 7). No exemplo descrito neste estudo, levantamos dois pontos críticos para a desmontagem da embalagem PET:

- Lacre: a retirada do lacre da tampa da embalagem foi considerado o ponto mais crítico da desmontagem pois, além de ser considerado impossível de ser removido sem a utilização de uma ferramenta, não existe uma ferramenta adequada para executar a sua remoção.
- Rótulo: a remoção do rótulo foi considerada também um outro ponto crítico, principalmente por causa do uso da cola. Em muitos casos, o excesso de cola dificulta a remoção do rótulo, e nesse caso, o material que se torna aderente ao recipiente, por ser incompatível com o material da embalagem contamina o processo da reciclagem.



**Figura 7 - Desmontagem da embalagem PET**

Apesar dos pontos críticos, alguns aspectos positivos foram levantados durante a análise da desmontagem do produto, tais como:

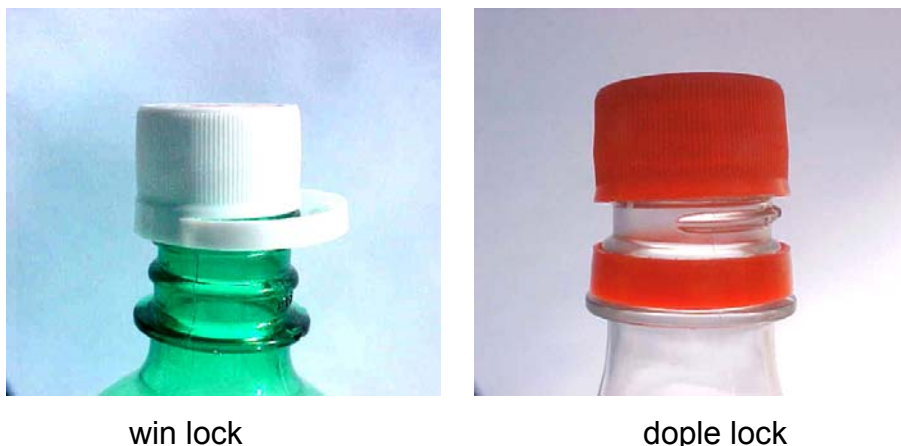
- Existência, de forma pouco representativa, de um outro tipo de lacre que se rompe juntamente com a tampa, ou seja, não permanece fixado ao recipiente após a abertura da mesma.
- Existência de um outro tipo de rótulo que não utiliza a cola para fixação na embalagem.

A partir dos aspectos positivos levantados, foram realizadas visitas técnicas em duas empresas de refrigerantes que utilizam o PET em suas embalagens, para uma investigação acerca dos diferentes tipos de lacre e rótulo.

## **6.2 Resultado das visitas técnicas**

A partir da visita na empresa “A”, uma fábrica de refrigerantes de médio porte, constatou-se que existem dois tipos de tampa para vedação das embalagens PET (Fig. 8) utilizadas em refrigerantes (o que já havia sido observado no mercado). Um deles é a denominado double lock, no qual o anel (lacre) é forçado para que se rompa totalmente quando a tampa é retirada,

ficando fixado ao recipiente (o que traz problemas para o desmonte). No outro tipo, denominado win lock, o lacre não se separa totalmente da tampa e, dessa forma, ele retirado do recipiente (junto com a tampa).



**Figura 8** - Tipos de tampa para vedação da embalagem PET

Em relação ao rótulo, o que a fábrica utiliza é fixado na embalagem por meio de cola, tarefa realizada por uma firma terceirizada. Ressalta-se que foi verificado a partir da análise da atividade dos triadores que as embalagens dessa empresa contêm excesso de cola nos rótulos de seus produtos, o que novamente traz problemas consideráveis na atividade de desmonte.

Na visita à empresa “B”, de grande porte, verificou-se a utilização de tampas do tipo win lock em seus produtos, o que foi alterado por questões de segurança, ou seja, para não permitir a violação de seus produtos, problema relatado pelo entrevistado. Segundo este, reclamações de consumidores (segundo as quais as embalagens eram violadas) indicavam que a tampa poderia ser retirada e recolocada sem que o lacre fosse rompido, o que não seria possível com a adoção de tampas do tipo double lock. A tampa do tipo win lock é ainda utilizada em embalagens de vidro que, ainda segundo o entrevistado, não permitem que o conteúdo seja violado sem a retirada do lacre.

Em relação aos rótulos, a fábrica utiliza em seus produtos dois tipos (Fig. 9):

- BOPP: tipo de rótulo colocado no recipiente com o uso de cola;

“Manga”: tipo de rótulo fixado no recipiente sem o uso de cola. Esse rótulo é “fechado” com uma “solda especial” antes de sua fixação.





BOPP



“Manga”

**Figura 9 - Tipos de rótulos**

Ressalta-se que o rótulo tipo “manga” não será mais usado pela empresa, em decorrência do maior custo da matéria-prima e do custo operacional, bem como da imagem do produto, pois a qualidade de impressão nesse rótulo é também inferior. O Quadro 4 mostra as vantagens e desvantagens dos tipos de rótulos.

#### Quadro 4: Vantagens e desvantagens dos tipos de rótulos

Tipo de rótulo	Vantagens	Desvantagens
BOPP	<ul style="list-style-type: none"><li>– Menor custo de matéria-prima e operacional.</li><li>– Maior capacidade de rotulação pelo equipamento (até 18 mil recipientes por hora).</li><li>– Melhor qualidade de impressão.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Dificulta a remoção do rótulo no processo de desmontagem.</li><li>– Utiliza cola em sua fixação.</li></ul>
“Manga”	<ul style="list-style-type: none"><li>– Facilita a remoção do rótulo no processo de desmontagem.</li><li>– Processo de separação não destrutivo (pela ausência de cola).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Maior custo de matéria-prima e operacional (10-15% mais caro que o BOPP).</li><li>– Exige maior controle sobre o processo.</li><li>– Pode-se soltar comprometendo a imagem do produto.</li><li>– Menor capacidade de rotulação pelo equipamento (até 10.500 recipientes por hora).</li></ul>

A partir da situação analisada em relação ao produto focado, foram estabelecidas recomendações sobre dois pontos de vista: foco no produto e foco no posto de trabalho. O Quadro 5 mostra uma comparação entre as duas possibilidades de intervenção:

**Quadro 5: Comparação das possibilidades de intervenção relacionadas ao produto**

<b>Foco</b>	<b>Possibilidade de intervenção</b>	<b>Aspectos positivos</b>	<b>Aspectos negativos</b>
Produto	Reprojeto do produto (nível de reprojeto: adaptativo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Facilidade de desmontagem do produto;</li> <li>– Eficiência na atividade da reciclagem;</li> <li>– Redução do risco de acidentes perfurocortantes;</li> <li>– Maior produtividade na atividade da reciclagem;</li> <li>– Maior abrangência (atendimento aos demais locais que retiram o lacre).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de maior investimento da indústria;</li> </ul>
Posto de trabalho	Desenvolvimento de uma ferramenta de trabalho adequada	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de menor investimento;</li> <li>– Redução do risco de acidentes perfurocortantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requer maior adaptação por parte dos trabalhadores;</li> <li>– Menor abrangência (atendimento local).</li> </ul>

## 7. CONCLUSÕES

O estudo de caso demonstrou que as dificuldades identificadas pela Análise da Atividade da desmontagem do produto fornecem meios para identificar os problemas de projeto e para extrair diretrizes que possam ser direcionadas aos projetistas, onde a componente “desmonte” seja incorporada para facilitar o Design para Reciclagem (DFR). A metodologia AET centralizou-se na desmontagem manual de um produto bastante simples, mas pode ser aplicada aos processos de desmontagem de produtos mais complexos como,

por exemplo, os automóveis, os eletrodomésticos, os computadores, entre outros. A AET exerce um papel importante no processo de análise dos problemas para desmontagem do produto visando a reciclagem, por ser realizada diretamente junto ao trabalhador (em situação real). Desta forma pode auxiliar os projetistas em tomadas de decisões a partir de elementos consistentes, através de diretrizes que podem ser adotadas no projeto de um produto novo ou mesmo no reprojeto de um produto já existente.

A necessidade da utilização de ferramentas de corte, no caso, facas serrilhadas, na situação de trabalho analisada decorre de características definidas no projeto do produto, ou seja, o anel de lacre preso ao frasco. Diante disso, recomenda-se a reflexão, pelos projetistas, de sua responsabilidade diante da possibilidade de evitarem os riscos de acidentes perfurocortantes, nesta situação de trabalho, o que demanda modificações no projeto do produto, com vistas a uma maior facilidade na desmontagem, viabilizando efetivas melhorias no processo da reciclagem e nas condições de trabalho dos triadores.

Concluiu-se também que o problema do excesso de cola para fixação de rótulos situa-se na regulagem do equipamento. Esse problema pode ser corrigido por meio de manutenção adequada, reduzindo-se assim os custos de redução de cola e de reparos no equipamento.

Apesar da empresa “B” eliminar a utilização da tampa win lock e do rótulo tipo “manga”, que são considerados mais adequados do ponto de vista da desmontagem do produto, este procedimento pode ser justificado pelo comprometimento da segurança do produto por esse tipo de tampa e pelo fato da tecnologia utilizada pela empresa para colocação do rótulo exigir maiores custos. Por outro lado o rótulo tipo BOPP, que será o único utilizado, permite o uso de uma quantidade mínima necessária, apresentando assim a melhor situação de uso em relação aos demais produtos.

Embora possa parecer em princípio, uma atividade marginal ao processo produtivo (o que leva a uma concepção equivocada e pejorativa do trabalho do reciclador) a reciclagem apresenta-se atualmente como importante característica a ser incorporada aos produtos. Isto tendo em vista a progressiva preocupação ambiental (expressa cada vez mais através de legislação

específica, em especial, nos países centrais), o esgotamento de recursos naturais (o que torna a reciclagem economicamente viável) e, em especial, como o Brasil, a possibilidade de fonte de renda e inclusão social de expressivo número de pessoas. Parece claro que, desta forma, as condições de trabalho dos atores envolvidos no processo de reciclagem devem ser levadas em consideração a partir da concepção do produto, o que facilitaria de maneira marcante o processo de desmonte.

Apesar de não ter sido o propósito deste trabalho investigar as empresas que utilizam a embalagem PET nos seus produtos, os dados levantados nas duas empresas investigadas contribuíram para a confirmação da hipótese, demonstrando que existe uma demanda de informações aos projetistas em relação aos requisitos ambientais de seus produtos, no que se refere à facilidade da desmontagem para a reciclagem. Através de entrevistas realizadas junto a profissionais envolvidos com o processo de produção, concluiu-se que as empresas não detêm conhecimentos sobre as dificuldades que os triadores encontram para a desmontagem manual de seus produtos e que alterações de projeto podem efetivamente trazer benefícios aos processos de reciclagem.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABEPET – Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens de PET <[www.abepet.com.br](http://www.abepet.com.br)> acesso em março de 2007.
2. BITENCOURT, Antônio Carlos P. Desenvolvimento de uma metodologia de reprojeto para o meio ambiente. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
3. DUARTE, Marcos Daniel. Caracterização da rotulagem ambiental de produtos. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.

4. GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURRAFOURG, J. e KERGUÉLEN, A. (2002). Comprendre le travel pour le transformer. Paris, ANACT.
5. GRAEDEL, T. E. e ALLENBY, B. R. Design for environment. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1996.
6. GUNGOR, Askiner e GUPTA, Surendra M. Disassembly sequence planning for products with defective parts in product recovery. 23 rd International Conference on Computers and Industrial Engineering, v. 35, n. 1-2, p. 161-164, 1998.
7. GUPTA, Surendra M.; MCLEAN, Charles R. Disassembly of products. 19 th International Conference on Computers and Industrial Engineering, v. 31, n. 1-2, p. 225-228, 1996.
8. HANFT, Thomas A.; KROLL, Ehud. Ease-of-disassembly evaluation in design for recycling. In: Design for X: Concurrent Engineering Imperatives. London: Champman & Hail, cap. 15, p. 318-334, 1996.
9. HUANG, G. Q. Design for X: Concurrent Engineering Imperatives. Chapman & Hall, London, 1996.
10. KROLL, Ehud and CARVER, Brad S. Disassembly analysis through time estimation and metrics. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 15, p. 191-200, 1999.
11. LIMA, Francisco de Paula Antunes. Fundamentos teóricos da metodologia e prática de análise ergonômica do trabalho. (notas de aula) Belo Horizonte: UFMG, março, 1996.
12. LIMA, Francisco de Paula Antunes. Introdução à análise ergonômica do trabalho. Belo Horizonte: UFMG, 1995.
13. LIMA, Rose Mary R. e ROMEIRO FILHO, Eduardo. Análise ergonômica do trabalho do triador em uma associação de materiais recicláveis. Anais do XII Congresso Brasileiro de Ergonomia – ABERGO. Recife, Pernambuco, set. 2002.

14. MAGALHÃES, Rita Mello. Análise de ciclo de vida orientada para o meio ambiente – O contexto de projeto e gestão para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Rio de Janeiro: COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
15. KRIWET, A.; ZUSSMAN E. and SELIGER, G. Systematic integration of design-for-recycling into product design. *International Journal of Production Economics*, v. 38, n. 1, p. 15-22, 1995.
16. MOK, H. S.; KIM, H. J. e MOON, K. S. Disassemblability of mechanical parts in automobile for recycling. *Computers & Industrial Engineering*, v. 33, n. 3-4, p 621-624, 1997.
17. NEVES, Silvio Rafael A. das. Estudo da desmontagem de um refrigerador doméstico. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
18. PRATES, Gláucia Aparecida. Ecodesign utilizando QFD, métodos Taguchi e DFE. Florianópolis, 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
19. RON, Ad; PENEV, Kiril. Disassembly and recycling of electronic consumer products: an overview. *Technovation*, v. 15, n. 6, p. 163-374, 1995.
20. WISNER, A. Por dentro do trabalho. *Ergonomia: método e técnicas*. São Paulo, FTD/Oboré, 1987.

Esta publicação é oriunda do I Workshop de Ferramentas de Gestão Ambiental para Competitividade e Sustentabilidade realizado entre os dias 12 e 13 de abril de 2007 nas dependências do CEFET/RN. Naquela época, o evento procurou disseminar as diversas ferramentas de gestão ambiental existentes na busca de um novo cenário competitivo e sustentável, além de aproximar o conhecimento acadêmico da experiência corporativa e aprofundar a discussão das ferramentas de gestão ambiental nos negócios corporativos. Participaram do evento aproximadamente duzentas pessoas, entre elas representantes de entidades privadas.

Devido ao seu grande sucesso, pensou-se em gerar uma publicação que pudesse consolidar as discussões provocadas no evento e de tal forma contribuir com aqueles que desejarem aprofundar seus conhecimentos no que tange as questões de negócios corporativos mais sustentáveis.

Esta publicação inicia-se tratando do ganho de competitividade que pode ser obtido pelas micro e pequenas empresas no Estado do Rio Grande do Norte quando introduzido a ferramenta da produção mais limpa. O artigo mostra claramente que com soluções simples e baratas pode-se atingir rapidamente ganhos de competitividade inimagináveis.

Em seguida, aborda-se ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como uma forma de se gerenciar a questão ambiental no desenvolvimento de produtos. A perspectiva do desenvolvimento de produtos de forma sustentável na Europa é posteriormente discutida. Os conceitos e princípios fundamentais do Ecodesign bem como seus métodos e ferramentas são apresentados posteriormente fechando todo um ciclo de análise produtiva com relação à questão ambiental.

A última etapa desta publicação discute um exemplo prático da aplicação da ergonomia no aprimoramento do processo de reciclagem de garrafas tipo PET com notáveis benefícios sociais e ambientais.