

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA REUTILIZAÇÃO, REDUÇÃO E DA  
RECICLAGEM DOS MATERIAIS COM APLICAÇÃO DO ECODESIGN**

Luis Henrique Alves Cândido

Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Porto Alegre

2008

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA REUTILIZAÇÃO, REDUÇÃO E DA  
RECICLAGEM DOS MATERIAIS COM APLICAÇÃO DO ECODESIGN**

Luis Henrique Alves Cândido

Trabalho realizado no Departamento de Materiais da Escola de Engenharia da UFRGS, dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Ciência e Tecnologia dos Materiais

Porto Alegre

2008

**LUIS HENRIQUE ALVES CÂNDIDO**

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA REUTILIZAÇÃO, REDUÇÃO E DA  
RECICLAGEM DOS MATERIAIS COM APLICAÇÃO DO ECODESIGN**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração, Ciência e Tecnologia dos Materiais, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

---

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Jairo José Drummond Câmara  
UEMG/REDEMAT

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Jacinta Sidegum Renner  
FEEVALE/ICET

---

Prof. Dr. Ney Francisco Ferreira  
UFRGS/PROMECC

---

Prof. Dr. Carlos Pérez Bergmann  
Coordenador do PPGEM

Dedico este trabalho  
à minha amada esposa Patrícia,  
pela dedicação e carinho nessa jornada,  
e por ter me dado a razão maior dessa vida,  
nossa filha Rafaela.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio,  
incondicional em todos os momentos  
desta caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Ao Mestre maior pela oportunidade deste momento.

Ao meu orientador **Prof. Wilson Kindlein Júnior**, por acreditar, incentivar e apoiar este trabalho em todas as suas etapas.

À **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, particularmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM.

Aos amigos e colegas do **LdSM** pelo apoio e incentivo, e em especial, aos amigos **Fábio e Felipe**.

Aos que me ajudaram com seus ensinamentos, exemplos e atitudes, em todas as escolas e empresas que passei.

Aos meus familiares, que me apoiaram neste trabalho, e sua disponibilidade em todos os momentos.

[...] não importa quem sejamos ou o que tenhamos feito,  
sempre houve pessoas que nos ajudaram ao longo do  
caminho [...]  
Althea Gibson.

## RESUMO

O presente trabalho descreve a importância da Engenharia de Materiais e do Design, como fatores fundamentais para redução do impacto ambiental gerado tanto no processo produtivo quanto no descarte do material. O campo das engenharias contribuiu significativamente com diversos métodos voltados para o projeto de produtos. Assim, a Seleção de Materiais, aplicados no Design de Produto, é um fator tecnológico para a inovação no qual a Engenharia de Materiais tem o papel fundamental de auxiliar o Designer na busca do conhecimento nessa área. A metodologia utilizada neste trabalho para redução do impacto ambiental dos materiais é a Metodologia do Ecodesign, que na atividade de desenvolvimento de produtos procura incorporar a variável ambiental, considerando o ambiente com mesmo grau de importância como a eficiência, estética, custo, ergonomia e funcionalidade. As áreas de Design e Engenharia de Materiais são detentoras dos maiores desafios na procura de critérios de avaliação e análise para posterior desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos. Bem gerenciado, esse binômio determina o êxito do empreendimento, projetando eco-produtos e diminuindo, assim, o impacto ambiental. A trilogia reutilizar, reduzir e reciclar, conhecidas como 3R's, constituem-se as ações, cada vez mais crescentes e praticadas pelas empresas na elaboração de seus produtos, visando à melhoria das condições ambientais e, conseqüentemente da qualidade de vida. A prática dos 3R's objetiva a construção de um novo comportamento ou atitude diante do ambiente natural e de seus recursos renováveis, mas, sobretudo, dos não-renováveis, fundamentado no ciclo de vida das matérias-primas e, por conseguinte, dos produtos delas derivados. Neste sentido, o trabalho realizado fez uso do binômio Engenharia de Materiais e Design, aplicando os 3R's através de estudos de caso que demonstraram a viabilidade dessa proposta, tanto em nível de produção industrial como na redução de resíduos oriundos das sobras de materiais descartados pela indústria.

Palavras-chave: Design. Engenharia. Seleção de Materiais. 3R's.

## **ABSTRACT**

This paper describes the importance of Materials Engineering and Design, as key factors for reducing the environmental impact generated both in the production process, as the disposal of the material. The field of engineering contributed significantly with different methods toward the design of products. Thus the selection of materials used in Product Design, is a factor for technological innovation in which the Engineering Materials has the key role of assisting the designer in search of knowledge in that area. The methodology used in this work to reduce the environmental impact of materials, is the methodology of Ecodesign that activity in the development of products seeks to incorporate environmental variable, considering the environment with same degree of importance as the efficiency, aesthetics, cost, ergonomics and functionality. The areas of Design and Engineering Materials are holders of the greatest challenges in the search criteria for evaluation and testing for further development of environmentally correct products. Well managed binomial that determines the success of the venture, designing eco-products and thereby reducing the environmental impact. Based on the trilogy reuse, reduce and recycle, known as 3R's, are up actions, growing and increasingly practised by companies in the development of its products, aiming to improve environmental conditions and consequently the quality of life. The practice of 3R's, aims to build a new behavior or attitude ahead of the natural environment and its renewable resources, but especially the non-renewable, based on the life cycle of raw materials and therefore the products derived from them. In this sense, the work, made use of the two areas Engineering of Materials and Design, using the 3R's, through case studies that demonstrated the viability of this proposal, both at the level of industrial production, and the reduction of waste from the surplus of materials discarded by the industry.

**Keywords:** Design. Engineering. Materials Selection. 3R's.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo global dos materiais.....	15
Figura 2 – Estratégias do Ciclo de Vida de um produto.....	19
Figura 3 – Caminho da Sustentabilidade.....	21
Figura 4 – 3R`s.....	24
Figura 5 – Relação entre Materiais e Design na fase projetual.....	26
Figura 6 – Inversão de pensamento entre Design e Engenheiro.....	27
Figura 7 – Inter-relações nas Ciências dos Materiais.....	28
Figura 8 – Relações interativas do processo de desenvolvimento do produto.....	29
Figura 9 – Afunilamento no processo de Seleção de Materiais.....	30
Figura 10 – Panorama evolutivo e importância relativa de diferentes materiais.....	31
Figura 11 – Funções físicas e psicológicas do produto.....	36
Figura 12 – A personalidade do produto.....	36
Figura 13 – Organograma da integração dos estudos de caso.....	41
Figura 14 – Aterro de Resíduo Industrial Perigosos / ARIPs – RS/BR.....	43
Figura 15 – Materiais utilizados no experimento.....	46
Figura 16 – Montagem do sanduíche.....	46
Figura 17 – Moldes de corte do produto.....	47
Figura 18 – Montagem dos componentes conforme sanduíche.....	48
Figura 19 – Ativação térmica para prensagem.....	48
Figura 20 – Produto final.....	49
Figura 21 – Componentes do compressor modelo A.....	52
Figura 22 – Componentes do compressor modelo B.....	53
Figura 23 – Componentes do compressor modelo C.....	54
Figura 24 – Componentes do compressor modelo D.....	55
Figura 25 – Proposta de compressor.....	57
Figura 26 – Componentes do compressor.....	57
Figura 27 – Compressor prototipado.....	59
Figura 28 – Exemplos de produtos descartados nos Centros de Triagem.....	61
Figura 29 – Processo de avaliação dos elementos de junção.....	61
Figura 30 – Princípios de junção.....	62
Figura 31 – Componentes parciais de um vídeo cassete.....	63
Figura 32 – Componentes parciais de uma chave liga/desliga.....	65
Figura 33 – Tela inicial do CD-ROM.....	66
Figura 34 – Primeira sessão do CD-ROM - aspectos teóricos do Ecodesign.....	67
Figura 35 – Lista verde e lista vermelha de classificação dos elementos.....	68
Figura 36 – Comparação entre diferentes elementos de junção.....	69
Figura 37 – Produto desenvolvido com conceito do Ecodesign.....	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios de avaliação do Ecodesign.....	20
Quadro 2 – Variáveis DfX.....	22
Quadro 3 – Ensino sobre Materiais e Ecodesign.....	38
Quadro 4 – Identificação dos componentes do compressor modelo A .....	52
Quadro 5 – Identificação dos componentes do compressor modelo B.....	53
Quadro 6 – Identificação dos componentes do compressor modelo C.....	54
Quadro 7 – Identificação dos componentes do compressor modelo D. ....	55
Quadro 8 – Comparativo do numero de componentes entre compressores .....	56
Quadro 9 – Identificação dos componentes do compressor proposto. ....	58
Quadro 10 – Analogia entre compressores.....	58
Quadro 11 – Denominação dos Centros de Triagem avaliados.....	61
Quadro 12– Descrição dos componentes do vídeo cassete. ....	64
Quadro 13 – Descrição dos componentes da chave liga/desliga.....	65
Quadro 14 – Classificação da revista segundo o QUALIS/CAPES.....	78

## LISTA DE SÍMBOLOS

**3R's** - Reutilizar, Reduzir e Reciclar

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ARIP's** - Aterros de Resíduos Industriais Perigosos

**BARDDAL** - Faculdade Barddal de Artes Aplicadas

**CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**CenPRA** - Centro de Pesquisas Renato Archer

**CESAT** - Centro de Ensino Superior Anísio Teixeira

**CD** - Compact Disk

**DfA** - *Design for Assembly*

**DfD** - *Design for Disassembly*

**DfS** - *Design for Service*

**DfR** - *Design for Recyclability*

**DfE** - *Design for Environment*

**DfM** - *Design for manufacture*

**FAAP** - Fundação Armando Álvares Penteado

**FACAMP** - Faculdades de Campinas

**FATEA** - Faculdades Integradas Teresa D'Ávila

**FATEB** - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Birigüi

**FEEVALE** - Centro Universitário Feevale

**FUMEC** - Fundação Mineira de Educação e Cultura

**FURB** - Fundação Universidade Regional de Blumenau

**ISO** - International Organization for Standardization

**Kgf** – Quilograma-força

**LER** - Lesões por Esforços Repetitivos

**LdSM** - Laboratório de Design e Seleção de Materiais

**MACKENZIE** - UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

**NBR** - Norma Brasileira

**PPGEM** - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais

**PUC** - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

**QUALIS/CAPEIS** - Resultado do processo de classificação dos veículos utilizados pelos programas de pós-graduação para a divulgação da produção intelectual de seus docentes e alunos

**RS** - Rio Grande do Sul

**SLS** - *Selective Laser Sintering*

**SANREMO** - Empresa que compõem o Grupo Bettanin/RS

**TR** - Tradução

**TUIUTI** - Universidade Tuiuti do Paraná

**UCDB** - Universidade Católica Dom Bosco

**UCG** - Universidade Católica de Goiás

**UCL** - Faculdade do Centro Leste

**UCS** - Universidade de Caxias do Sul

**UDESC** - Universidade do Estado de Santa Catarina

**UEMG** - Universidade do Estado de Minas Gerais

**UEPA** - Universidade do Estado do Pará

**UFMA** - Universidade Federal do Maranhão

**UFPE** - Universidade Federal de Pernambuco

**UFPR** - Universidade Federal do Paraná

**UFMG** - Universidade Federal de Campina Grande

**UFRGS** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**UFSM** - Universidade Federal de Santa Maria

**UNB** - Universidade de Brasília

**UNESP** - Universidade Estadual Paulista

**UNICENP** - Centro Universitário Positivo

**UNIFAE** - Centro Universitário Franciscano do Paraná

**UNIFRA** - Centro Universitário Franciscano

**UNIFRAN** - Universidade de Franca

**UNIJUI** - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

**UNIRITER** - Centro Universitário Ritter dos Reis

**UNISUL** - Universidade do Sul de Santa Catarina

**UNIVALI** - Universidade do Vale do Itajaí

**UNIVILLE** - Universidade da Região de Joinville

**USP** - Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA</b> .....	18
2.1 ECODESIGN .....	18
2.2 VARIÁVEIS DO ECODESIGN .....	21
2.3 CONCEITO DOS 3R`S.....	23
2.4 SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA O PRODUTO.....	24
2.5 ENGENHARIA DE MATERIAIS.....	27
2.6 MATERIAIS .....	30
2.7 DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS – PERCEÇÃO DO USUÁRIO .....	33
2.8 O ENSINO SOBRE MATERIAIS E ECODESIGN NA GRADUAÇÃO EM DESIGN DE PRODUTO .....	37
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS: ESTUDOS DE CASO</b> .....	41
3.1 ESTUDO DE CASO 1 .....	42
3.1.1 Procedimento Experimental .....	45
<b>3.1.2 Matéria-Prima para o Experimento</b> .....	45
<b>3.1.3 Aplicação do Experimento</b> .....	46
3.2 ESTUDO DE CASO 2 .....	49
<b>3.2.1 Estudo do Modelo - Compressor A</b> .....	51
<b>3.2.2 Estudo do Modelo - Compressor B</b> .....	53
<b>3.2.3 Estudo do Modelo - Compressor C</b> .....	53
<b>3.2.4 Estudo do Modelo - Compressor D</b> .....	54
<b>3.2.5 Especificações</b> .....	55
3.3 ESTUDO DE CASO 3 .....	59
<b>3.3.1 Desenvolvimento do CD-ROM</b> .....	65
3.3.1.1 Sessão 1 - Ecodesign .....	66
3.3.1.2 Sessão 2 - Elementos de Junção .....	67
3.3.1.3 Sessão 3 - Artigos .....	69
3.3.1.4 Sessão 4 - Bibliografia.....	69
3.3.1.5 Sessão 5 - LdSM.....	69
<b>3.3.2 Capacitação no Centro de Triagem</b> .....	70
<b>4 ANALISE DOS RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO</b> .....	72
4.1 ANALISE DOS RESULTADOS – ESTUDO DE CASO 1 .....	72
4.2 ANALISE DOS RESULTADOS – ESTUDO DE CASO 2 .....	73
4.3 ANALISE DOS RESULTADOS – ESTUDO DE CASO 3 .....	74
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	76
5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	78
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	79
<b>APÊNDICE 1 – ARTIGO 1 – ESTUDO DE CASO 1</b> .....	89
<b>APÊNDICE 2 – ARTIGO 2 – ESTUDO DE CASO 2</b> .....	96
<b>APÊNDICE 3 – ARTIGO 3 – ESTUDO DE CASO 3</b> .....	107
<b>APÊNDICE 4 – ECODESIGN APLICADO</b> .....	126

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o ambiente vem a cada dia ganhando mais ênfase em todos os setores da sociedade<sup>1-3</sup>, uma vez que inúmeros países têm adotado legislações severas aos efeitos nocivos causados por materiais inadequados, utilizados na fabricação de diversos produtos, que, após o uso, são descartados e lançados diariamente no meio ambiente.<sup>4-7</sup>

Constata-se, atualmente, que nos Centros de Triagem existe uma extrema dificuldade de desmontagem e separação dos materiais de diversos produtos industriais, levando os produtos a serem descartados em lixões a céu aberto, aumentando o seu volume e causando impactos ambientais agressivos. Esse fato se deve aos componentes de cada produto, como, por exemplo, tintas, solventes e plásticos que em contato com fatores climáticos, como a chuva, contaminam o lençol freático.<sup>8-11</sup>

Produtos como clipes, telefones ou automóveis são exemplos que podem ser compostos desde um único ou até centenas de materiais. Estima-se, segundo Waterman<sup>12</sup>, que temos de lidar com aproximadamente entre 60.000 e 100.000 materiais disponíveis no mercado. Assim, a extração, o refinamento, o transporte, a reciclagem ou deposição final desses materiais são exemplos da complexidade do impacto ambiental gerado pelo grande número de materiais atualmente existentes.<sup>13-16</sup> Durante o último século, os problemas ambientais eram muitas vezes vistos como problemas locais, devido ao impacto de um determinado produto. No entanto, hoje em dia, com a globalização, torna-se mais evidente que os problemas são muito mais complexos e relacionados a todas as fases do ciclo de vida de um produto.<sup>17-19</sup> Esta situação faz com que as empresas, muitas vezes pressionadas por órgãos públicos, legislações e até o consumidor, repensem seus processos industriais e suas metodologias para a projeção e fabricação de produtos mais sustentáveis.<sup>20-23</sup>

Embora ações venham sendo tomadas, pode-se dizer que existem pelo menos quatro problemas básicos, que são complexos de resolver nos dias atuais, podendo-se citar, como exemplo, o excesso de consumo, a utilização descontrolada dos recursos naturais, a poluição e o excesso populacional.<sup>24-26</sup>

Não existe nenhuma forma simples de desenvolver produtos sustentáveis sem que haja, no mínimo, um baixo nível de impacto.<sup>27-31</sup> No momento que se inicia qualquer processo, o impacto ambiental começa a ocorrer, resguardada as proporções de cada um. No

entanto, há muitas iniciativas diferentes e definições de como desenvolver produtos sustentáveis<sup>32-34</sup> que reduzam esse impacto, e algumas delas foram estudadas e aplicadas neste trabalho.

A eco-eficiência é uma forma de gerir uma empresa de maneira mais eficaz, visando as questões ecológicas. No entanto, a concepção não leva em conta o impacto ambiental após o produto ter sido vendido. Assim, para o desenvolvimento desse trabalho, será aplicada uma metodologia que tem como abordagem principal, a redução do impacto em todas as fases do projeto. Essa ferramenta é denominada de Metodologia do Ecodesign, que será aplicada visando reduzir os problemas descritos anteriormente.<sup>35-37</sup>

Segundo Silva<sup>38</sup>, no ciclo global dos materiais, apresentado na Figura 1, a cadeia se inicia na terra (A) de onde se realiza a prospecção, mineração ou colheita dos elementos que irão compor a matéria prima bruta (B), como carvão, minérios, madeira, petróleo, rochas e plantas. É a partir dela, então, que, através de um processo de extração, refino ou processamento, obtém-se a matéria-prima básica (C), como metais, papel, cimento, fibras, produtos químicos, que fornecerá condições necessárias, através de processos de transformação, para a obtenção da matéria prima industrial (D), como *pallets*, chapas, barras, tarugos, rolos, etc. Esta, por sua vez, servirá para fabricação ou montagem de produtos industriais, caracterizando os bens de consumo (E), tais como máquinas, acessórios, utensílios, embalagens, ou seja, produtos diversos.

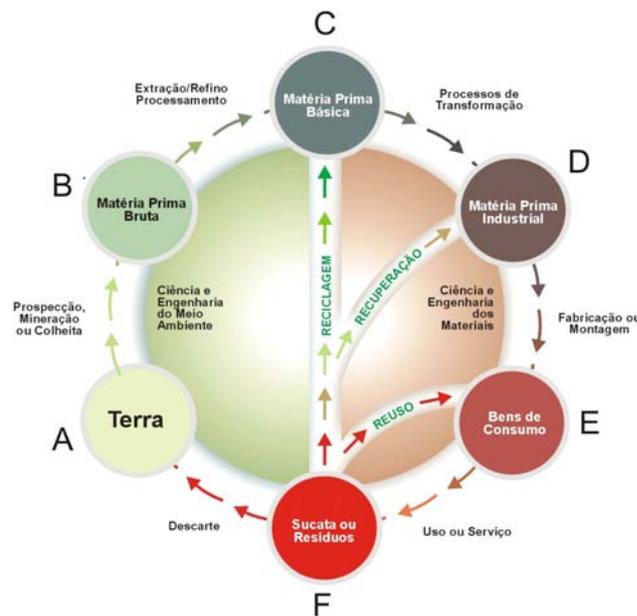


Figura 1 – Ciclo global dos materiais  
Fonte: Adaptado de Silva<sup>38</sup>

Ainda segundo Amaral<sup>38</sup>, estes bens possuem determinados ciclos de vida úteis que, através do seu uso ou serviço, transformam-se, no futuro, em sucatas ou resíduos (F), sendo que, neste estágio, este material, proveniente da sucata, retorna para o meio ambiente, podendo afetar, de certa forma, a continuidade da mineração da matéria-prima bruta, através de contaminações. No entanto, se ele passa a ser reutilizado, recuperado ou reciclado, diminui esforços para novas produções industriais.

Observa-se na Figura 1 que as áreas relacionadas, que buscam interação com o Design, são a Ciência e Engenharia do Meio Ambiente<sup>38</sup> e a Ciência e Engenharia dos Materiais<sup>39-41</sup>. Isso evidencia a importância da relação entre Design, Materiais e Ambiente no desenvolvimento do produto ambientalmente correto, com foco na recuperação, no re-uso e na reciclagem dos materiais, ou seja, é uma forma de aplicação dos 3R's.<sup>19,42-45</sup>

Neste sentido, o objetivo geral do presente trabalho é o estudo da reutilização, redução e reciclagem dos materiais, com aplicação do Ecodesign, através do conceito dos 3R's. Esses três tópicos principais são demonstrados através de estudos de caso.

No que diz respeito à reutilização dos materiais, foi intenção utilizar uma técnica que propiciasse o reuso de materiais, que tem um alto impacto ao ambiente, desenvolvendo, para isso, um processo que agregasse equipamentos amplamente utilizados na indústria, com materiais de baixo impacto.

Quanto à redução dos materiais, foi realizado o redesign de um produto, com foco na questão da redução dos materiais, junção sistemas funcionais e facilidade para desmontagem dos componentes. A idéia principal desse desenvolvimento é a de demonstrar a viabilidade projetual com aplicação do Ecodesign.

Para propiciar uma melhor reciclagem dos materiais, utilizados em produtos industriais, foi realizado um levantamento do descarte de produtos em quatro Centros de Triagem do Rio Grande do Sul, visando a análise dos sistemas de junção utilizados em cada produto, como, por exemplo: porcas, parafusos, rebites, colagem, etc.

Para atingir os objetivos propostos, a presente dissertação foi estruturada da seguinte forma. No capítulo 2, é apresentada a revisão bibliográfica que aborda a importância da Seleção dos Materiais, da Engenharia de Materiais e sua relação com o Design. Nesse capítulo, é realizado também um levantamento sobre o ensino da Seleção de Materiais e Ecodesign em algumas escolas de Design do Brasil.

O capítulo 3 apresenta a integração dos três estudos de caso, tendo como balizador o conceito dos 3R's. O primeiro estudo de caso visa à reutilização de sobras de couro para o

desenvolvimento de novos produtos. Para isso, é demonstrado o processo utilizado, sendo desenvolvido um produto com essa técnica. No segundo estudo de caso, foi realizada a análise de quatro bombas de aquário existentes no mercado e seu posterior redesign, aplicando-se, para isso, os conceitos de Ecodesign, quanto à redução de materiais e a facilidade de desmonte. O terceiro estudo de caso abordou o descarte de produtos industriais em Centros de Triagem, tendo como objetivo avaliar a dificuldade de separação dos componentes de cada produto e avaliar os elementos de junção utilizados.

O capítulo 4 apresenta as análises dos estudos de caso, e o capítulo 5, apresenta a conclusão geral e sugestões para futuros trabalhos.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para a realização desta dissertação e os respectivos apêndices.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 ECODESIGN

Muitos autores utilizam o termo “Design sustentável” ou “Produção Sustentável”, referindo-se ao Ecodesign.<sup>14-15,19,25</sup> O Ecodesign diz respeito ao ato de projetar produtos, com a preocupação focada no ambiente e em todo seu ciclo de vida, evitando ou diminuindo agressões ao ecossistema, buscando, mediante a correta utilização e Seleção dos Materiais ou processos de fabricação, facilitar, de alguma maneira, o reuso, a desmontagem e a reciclagem dos materiais e produtos. Com essa premissa, o emprego do Ecodesign busca diminuir o desperdício e a poluição ambiental, promovendo a resolução do conflito entre o desenvolvimento econômico e as questões referentes à preservação da natureza.<sup>31,37,46</sup>

O Ecodesign, na atividade de desenvolvimento de produtos, procura incorporar a variável ambiental, considerando o meio ambiente com mesmo grau de importância, como a eficiência, estética, custo, ergonomia e funcionalidade.<sup>19,25,47</sup> As áreas de Design e Engenharia de Materiais são detentoras dos maiores desafios na procura de critérios de avaliação e análise para posterior desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos. Bem gerenciadas, as decisões da Engenharia de Materiais e do Design podem determinar a diminuição dos danos ao ambiente. O Ecodesign é a integração de considerações ambientais na fase de concepção, considerando o ciclo de vida completo do produto, desde a aquisição de matérias-primas até a deposição final.

Assim, o Ecodesign, no aspecto do Ciclo de Vida do produto, é determinado por cinco etapas fundamentais, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 - Estratégias do Ciclo de Vida de um produto  
 Fonte: Adaptada de Platcheck et al.<sup>47</sup>

Essas etapas visam agregar os conceitos básicos necessários para uma política de implementação do Ecodesign como técnica de desenvolvimento de produtos, incorporando os princípios da cadeia produtiva, desde a seleção da matéria-prima até o fim da vida útil do produto, evidenciando, assim, a responsabilidade ambiental do fabricante. Na Figura 2, a primeira etapa dessa estratégia posiciona a Seleção de Materiais como o início do Ciclo de Vida do Produto. Essa abordagem se justifica, porque o primeiro processo de obtenção da matéria-prima é sua extração do ambiente, e o impacto, gerado nessa fase, deve ser avaliado profundamente, buscando sua redução, pois trata-se de materiais não renováveis

A demanda, a produção e o preço dos materiais estão estreitamente relacionados com o consumo de energia durante o processo de obtenção dessas matérias-primas e que, segundo Padilha<sup>40</sup>, o consumo de energia na produção de materiais é da ordem de 15 a 25% de toda a energia primária utilizada nas economias industrializadas.

Conforme descrito por Branco<sup>48</sup>, existe uma série de critérios (Quadro 1), segundo os quais é possível avaliar se um produto possui as características que o tornem sustentável. Esse conjunto de critérios permite diferenciar os produtos que incorporam reais conceitos de preservação ambiental, dos que permanecem na superficialidade da utilização de matérias primas recicladas ou recicláveis.<sup>37</sup> Com base nesses critérios, é possível que, durante o

desenvolvimento de novos produtos, a equipe de projeto (Engenheiros, Designers, e demais projetistas), busquem considerar ao máximo esses itens.

Quadro 1 - Critérios de avaliação do Ecodesign. Fonte: Branco<sup>48</sup>.

<b>Item</b>	<b>Critérios</b>
a	Elimina ou reduz a formação, ao longo do ciclo de vida do produto (da produção da matéria-prima ao pós-uso), a formação de resíduos, em especial não recicláveis;
b	Apresenta, ao longo do Ciclo de Vida do Produto, baixo consumo de energia, ou utiliza fontes alternativas de energias ou energias renováveis, comparativamente com produtos similares;
c	Utiliza matérias-primas e insumos ecologicamente sustentáveis (exemplo: madeiras certificadas);
d	Minimiza, pelas soluções adotadas, as possibilidades de uso inadequado, acidentes e dispêndios físicos excessivos ao usuário e ao operador;
e	Não utiliza mão-de-obra infantil ou processos de transformação agressivos ao operário fabricante;
f	Apresenta soluções que racionalizem o uso de matérias-primas naturais;
g	Possibilita a substituição de partes e peças reduzindo a formação de resíduos e que facilita a manutenção e o reuso/reciclagem;
h	Apresenta maior durabilidade, comparativamente com os produtos similares, ampliando o ciclo de vida;
i	Apresenta qualidade, objetividade, criatividade e soluções inovativas ao exteriorizar (pelos aspectos formais, funcionais e pela comunicação), os conceitos de Ecodesign;
j	Utiliza um planejamento de marketing (comunicação e informação da empresa fabricante e sobre as características de sustentabilidade do produto), compatível com o conceito de sustentabilidade;
k	Oferece suporte de pós-venda (comunicação e informação), com relação ao descarte e a reciclagem;
l	Atende as normas específicas de Ecodesign ou referentes à produção sustentável;
m	Deriva de metodologias de projeto compatíveis com os requisitos finais de sustentabilidade do produto (requisitos do cliente, requisitos de sustentabilidade, experimentação piloto, testes físicos);
n	Está protegido pelos instrumentos da Propriedade Intelectual - registro de marca e patente;
o	Facilita o desmonte;
p	Apresenta características de multifuncionalidade;
q	Priorizam a utilização de tecnologias e materiais acessíveis (custo x benefício e a cultura dos usuários e produtores).

As estratégias do Ecodesign visam à aplicação de materiais com baixo impacto ambiental, utilização de processos de produção mais limpos, reduzir a utilização de materiais

perigosos e tóxicos, maximizar a eficiência da energia utilizada para a produção, a reutilização, a redução e reciclagem do produto.<sup>19,37,47,49</sup>

## 2.2 VARIÁVEIS DO ECODESIGN

Segundo Annes<sup>45</sup>, o DfX - *Design for X* - em que X representa as variáveis, como facilidade de manutenção, desmontagem, serviços, etc, é utilizado para demonstrar as características específicas do produto, quando essa proposta tem seu foco no projeto para o ambiente.

A Figura 3 sugere um caminho para sustentabilidade ambiental, e tem como referência principal o DfE - *Design for Environment*. Neste caso, todo o DfE deve ser considerado desde o início do projeto, e não somente para a reciclagem, que é vista muitas vezes, como a única solução para redução de resíduos. Assim, o DfE propõem que a reciclagem deva ser a última etapa a ser executada em todo o ciclo de vida do produto.

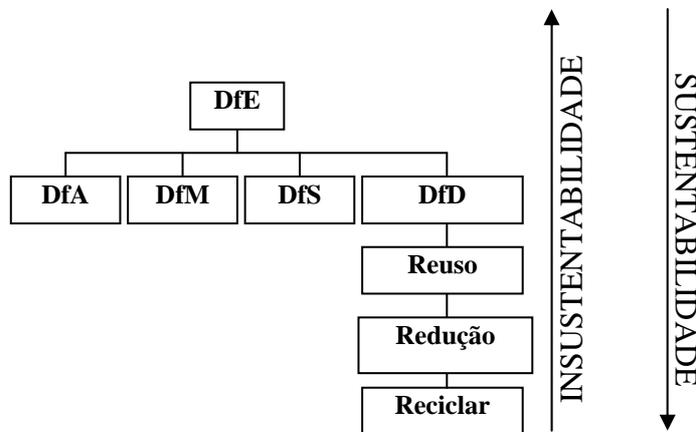


Figura 3 - Caminho da Sustentabilidade  
Fonte: Adaptado de Annes<sup>45</sup>

Segundo Kindlein et al.<sup>13</sup>, o caminho correto para o desenvolvimento de eco-produtos passa pela escolha de elementos de união que proporcionem uma relação direta com o *Design for Assembly* (DfA), o *Design for Manufacture* (DfM), o *Design for Service* (DfS) e o *Design for Disassembly* (DfD). Assim, a aplicação dessas variáveis, na prática projetual sistemática, tende a reduzir o impacto ambiental do produto em todas as esferas do ciclo global de

produção e uso. O Quadro 2 descreve as variáveis DfX utilizadas no caminho da sustentabilidade.

Quadro 2 – Variáveis DfX. Fonte: Adaptado de Kindlein Júnior et al.<sup>13</sup>

<b>Variáveis DfX</b>	<b>Descrição</b>
DfA - <i>Design for Assembly</i>	Considera, durante a fase de desenvolvimento do produto, sistemas que facilitem a montagem desse produto, ou seja, facilite a manufatura. Isso implica diretamente na redução do tempo de montagem e tende a um aumento de produção. Considerações mais recentes sobre o meio ambiente apelam para que o desmonte e reciclagem sejam considerados durante o projeto do produto.
DfM - <i>Design for Manufacture</i>	A seleção de processos apropriados para a manufatura inclui: seleção de materiais, seleção de processos, projeto modulado de componentes, padronização de componentes, desenvolvimento de partes multiuso e montagem direcionada para a minimização através de módulos.
DfS – <i>Design for Service</i>	Tem como preocupação, os serviços de manutenção executados durante a vida útil do produto e seu condicionamento, sendo importante para aqueles produtos que necessitam serviço ou o reparo periódico, como máquinas, carros, etc.
DfR - <i>Design for Disassembly</i>	O desenvolvimento do projeto de produto tendo como foco a facilidade de desmontagem, contempla vantagens como: redução do trabalho necessário para a retirada de partes do produto, redução do tempo de manutenção, separação dos materiais compatíveis e incompatíveis, e gera um maior interesse na reciclagem final do produto em Centros de Triagem. Essa variável é denominada também de DfR - <i>Design for Recyclability</i> devido a característica de propiciar uma reciclagem mais prática do produto.

### 2.3 CONCEITO DOS 3R`S

Segundo Marques<sup>50</sup> é fundamental que o governo e sociedade assumam novas atitudes, visando gerenciar de modo mais adequado a grande quantidade e diversidade de resíduos que são produzidos diariamente pelas empresas e residências. É preciso pôr em prática a desejável política dos “3R´s” (Reutilizar, Reduzir e Reciclar) e não continuar produzindo e gerando mais resíduos, deixando sem solução adequada seu tratamento e disposição. Neste sentido, segundo Kindlein Júnior et al.<sup>13</sup>, o primeiro “R de reutilizar” significa utilizar novamente os sistemas e subsistemas dos objetos em sua forma original, onde inclui-se também a reutilização dos materiais descartados para fabricação de outros produtos. O segundo “R de reduzir”, consiste em processar determinados produtos (sistemas e subsistemas) novamente, não obrigatoriamente como da forma original. Esse mesmo foco pode ser dado para redução do número de componentes de um produto na fase de projeto.

O terceiro e último “R de reciclar” consiste, em aproveitar dos produtos descartados, os materiais que podem voltar para as indústrias como matéria-prima para a fabricação de novos produtos, onde, a facilidade de desmontagem dos componentes, tem um papel primordial nesse processo, pois tende a favorecer essa operação.

Assim, a reutilização dos materiais tem como principal foco, eliminar o resíduo gerado pelos produtos atualmente existentes, a redução tem como foco, atuar no projeto de futuros produtos para que ocorra a diminuição do uso de matérias-primas, e a reciclagem, de auxiliar na redução do desperdício de material através de seu re-uso. Essa prática projetual aplicando os 3R´s, deve ser balizadora para o desenvolvimento de novos produtos, pois tende a reduzir o impacto no ambiente. Neste sentido, a Figura 4 sintetiza o ciclo da utilização dos 3R`s proposto neste trabalho.



Figura 4 – 3R's

Fonte: Adaptado de Kindlein Júnior et al.<sup>13</sup>

Dentro deste contexto, no apêndice 4, é apresentado um projeto desenvolvido no Centro Universitário Feevale<sup>80</sup>, referente a aplicação do Ecodesign como Metodologia para o Desenvolvimento Tecnológico da Região do Vale dos Sinos/RS, no qual o autor participa.

## 2.4 SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA O PRODUTO

A seleção de um material é tradicionalmente feita por informações técnicas, como demandas pelo preço, resistência dos materiais, temperatura de utilização, estabilidade dimensional, densidade, dureza.<sup>52-54</sup> No entanto, para o sucesso do produto, esses fatores técnicos já não são suficientes. Segundo Ferrante<sup>46</sup>, pode-se dizer que a Seleção de Materiais, puramente com foco em uma visão técnica sem levar em conta outros fatores não técnicos, é, em muitos casos, complexa e arriscada. Pode-se citar, como exemplo, roupas feitas de fibras sintéticas, que são mais fáceis de limpar e manter livre de rugas ou dobras, mas, os materiais naturais, como o algodão, são geralmente mais populares por causa da sensação agradável que transmitem ao serem tocados, o que é conhecido atualmente como *Emotion Design*.<sup>55</sup>

Um produto que foi desenvolvido, levando-se em conta o *Emotion Design*, poderá transmitir ao usuário sensações que farão com que esse consumidor fique mais tempo com o produto sem descartá-lo, reduzindo o impacto desse produto no ambiente e ampliando a faixa de uso ou serviço, como descrito na Figura 1.

É preciso destacar que o Ecodesign deve estar inserido desde as primeiras etapas de desenvolvimento do produto e pode ser visto com um ponto de conexão entre o projeto<sup>56-57</sup> e a Seleção de Materiais.<sup>9,58-60</sup> Muitas metodologias de projeto ainda tratam o Ecodesign como uma forma periférica de avaliação ambiental, mas que na verdade deveria ser vista como a integração ambiental no projeto<sup>19,25</sup>

É importante enfatizar que no Brasil a Norma ABNT ISO/TR 14062<sup>61</sup> (primeira edição 2004) orienta sobre a “Gestão ambiental - Integração de Aspectos Ambientais no Projeto e Desenvolvimento do Produto”, tendo como foco a sustentabilidade ambiental. A norma descreve que o projeto e o desenvolvimento do produto “podem incorporar características que fazem o produto mais adequado para subseqüentes reutilizações, reciclagem ou uso como fonte energética”.

Na Figura 5 Deng e Edwards<sup>54</sup>, descrevem as várias etapas em que a Seleção de Materiais permeia durante o desenvolvimento de novos produtos. Os autores demonstram a importância dessa área e como a Seleção de Materiais pode resolver problemas de projeto.

Na coluna da esquerda (Figura 5), é demonstrada a relação entre Materiais e Design na fase da concepção do produto. A primeira etapa constitui-se da identificação dos possíveis materiais que podem ser aplicados no projeto. Na segunda etapa, ocorre a seleção dos materiais, onde são avaliadas as possibilidades de uso, tendo como referência os materiais existentes no mercado. Se os materiais existentes não satisfazem os requisitos do projeto, então existe a possibilidade do desenvolvimento do material em uma terceira etapa. Após definido o material, o projeto pode prosseguir para outras etapas de desenvolvimento.

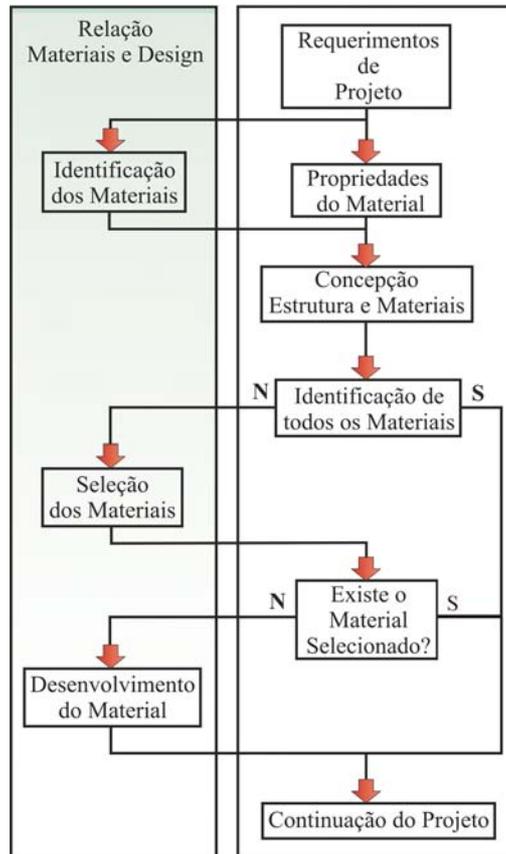


Figura 5 - Relação entre Materiais e Design na fase projetual  
 Fonte: Adaptado de Deng e Edwards<sup>54</sup>

Observa-se na Figura 5, que a fase da Seleção de Materiais, deve ser vista pelo Designer como de vital importância para o sucesso funcional do produto. Se a escolha do material não for a correta, o produto poderá sofrer danos, desde de baixa até graves consequências dependendo de sua utilização pelo usuário.

Essas consequências podem ser de aspecto técnico-funcionais e/ou humanos, entre eles acidentes, desconforto, Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho (DORT), etc.

Conforme Kindlein, Amaral e Etchepare<sup>62</sup>, o Designer de certa forma tem-se afastado das características estruturais e cálculos relativos ao produto, como por exemplo, estatísticos, de custo e outros. Assim, algumas características físicas e funcionais do produto podem ser esquecidas ou mal dimensionadas.<sup>62</sup>

O Engenheiro, na maioria dos casos, também tem se afastado de informações relevantes oriundas do consumidor, como por exemplo, tendências de estilo de vida, da forma do produto, das cores predominantes, etc, focando somente na parte técnica do produto.

Ao avaliar essas questões, fica claro que o caminho para um consenso comum para o projeto de produto, ainda é longo, isso devido as características de cada profissão. Mas, o que

se percebe, e que essa distancia vem aos poucos sendo reduzidas, isso graça aos esforços de profissionais, de ambas as áreas, que buscam soluções projetuais em conjunto. A Figura 6 apresenta a tendência atual pela busca de soluções de projeto, onde essas duas áreas atuam.

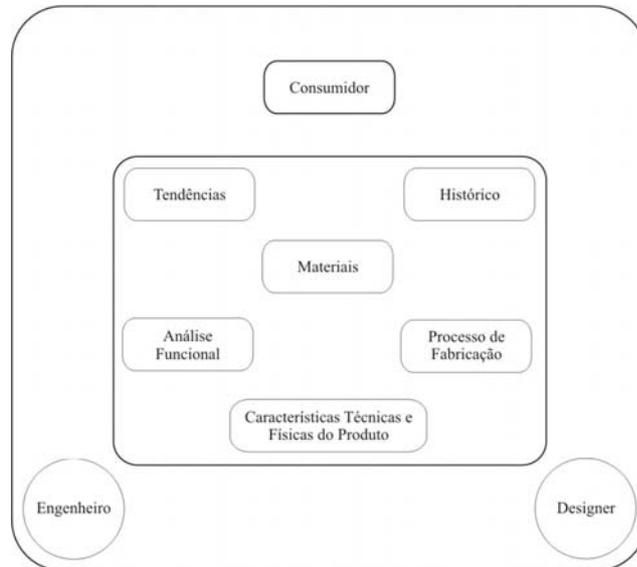


Figura 6 - Inversão de pensamento entre Design e Engenharia  
Fonte: Adaptado de Kindlein Júnior, Amaral e Etchepare<sup>62</sup>

Ao analisar os itens descritos na Figura 6, pode-se dizer que é de fundamental importância estreitar a relação entre essas duas áreas, não somente durante a Seleção do Material, mas em todos os itens citados. De um modo geral, essas áreas devem procurar ter uma visão holística de todo esse pensamento, e direcionar o desenvolvimento do produto no sentido da total satisfação do usuário.

## 2.5 ENGENHARIA DE MATERIAIS

Segundo Ferrante<sup>63</sup>, a atuação do Engenheiro de Materiais trata de atividades que podem ser definidas como a co-relação de propriedades, com o desempenho final do produto, que se traduzem em fabricação ou melhoria destes. Conseqüentemente, o escopo desse tipo de atividade se estende desde a adaptação de matérias-primas até a avaliação do desempenho final.<sup>39-64-65</sup>

Conforme Padilha<sup>40</sup>, pode-se afirmar que a divisão dos materiais em diversos grupos e subgrupos tem origem industrial e que esta abordagem dos materiais em tipos estanques foi

então absorvida pelas Universidades. Boa parte dos cursos de Engenharia Metalúrgica, assim como das organizações e publicações técnicas e científicas, ainda classificam os materiais metálicos em aços, ferros fundidos e metais não ferrosos. As outras classes de materiais, não raras vezes, são classificadas como não metálicos.

Os materiais cerâmicos, por sua vez, são ainda, freqüentemente, subdivididos em cerâmica vermelha, cerâmica branca, vidros e cerâmicas especiais. A abordagem dos materiais por grupos e subgrupos tem naturalmente vantagens e desvantagens. A principal vantagem é o estudo dos problemas e características específicos de cada material, e a principal desvantagem é que esta abordagem confere uma visão isolada de cada grupo.

Do ponto de vista de aplicações, voltada ao desenvolvimento de produtos, essa abordagem não fornece a necessária visão geral em termos de Seleção de Materiais e o compromisso com o produto final.

Neste sentido, pode-se dizer que a Ciência dos Materiais é a ligação entre a Engenharia de Materiais e o desenvolvimento de produtos, e que pode fornecer ao Designer e ao Engenheiro informações técnicas / científicas a respeito das propriedades, estrutura e processamento dos materiais.

Assim, o desenvolvimento de produtos, no que se refere aos materiais, deve ser embasado em pesquisas, visto que existe uma gama enorme de materiais disponíveis no mercado. Um modelo para representar a Ciências dos Materiais com foco para a indústria é apresentado na Figura 7.

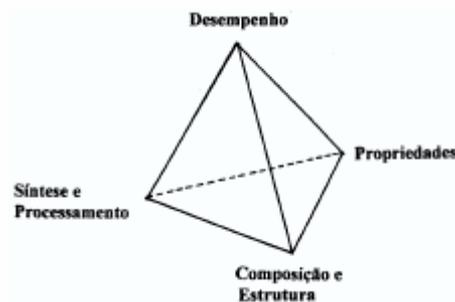


Figura 7 – Inter-relações nas Ciências dos Materiais  
Fonte: Padilha<sup>40</sup>

A estrutura dos materiais é definida como o arranjo interno dos componentes da matéria e são classificadas em estrutura atômica, estruturas cristalinas, microestrutura e macroestrutura. Muitas propriedades dos materiais, tais como limite de escoamento, limite de resistência, tenacidade à fratura, resistência ao desgaste e resistência à corrosão dependem da

estrutura do material. Essas propriedades são classificadas como propriedades físicas, químicas e mecânicas, sendo consideradas em cada aplicação específica e sua exigência. Os processos são aplicados quando os materiais precisam adquirir forma e dimensões para serem utilizáveis na indústria e são definidos em função das propriedades dos materiais iniciais e das propriedades necessárias para fazer frente às condições de serviço da peça ou componente. E, por fim, tem-se o desempenho, que demonstra como os materiais se comportam nas condições de serviço.<sup>66</sup>

A Seleção de Materiais<sup>40,63,67-68</sup> trata de uma atividade que envolve uma gama de conhecimentos técnicos, cuja amplitude dificilmente é abrangida por um só tipo de profissional. Essa amplitude vai desde o desenvolvimento do projeto até a análise de desempenho em campo e, necessariamente, reúnem profissionais de diversas especialidades.

Em outras palavras, interdisciplinaridade e interatividade são particularmente exigidas na Seleção de Materiais, no qual o Design do produto também faz parte.<sup>56,69-71</sup> A Figura 8 mostra, esquematicamente, as relações interativas ou de retro-alimentação que conectam materiais, processo e projeto, evidenciando, assim, que o caminho, que une a concepção inicial de projeto ao produto final, compõe-se de um certo número de etapas, cada uma necessitando de informações de diversas naturezas.<sup>63</sup>

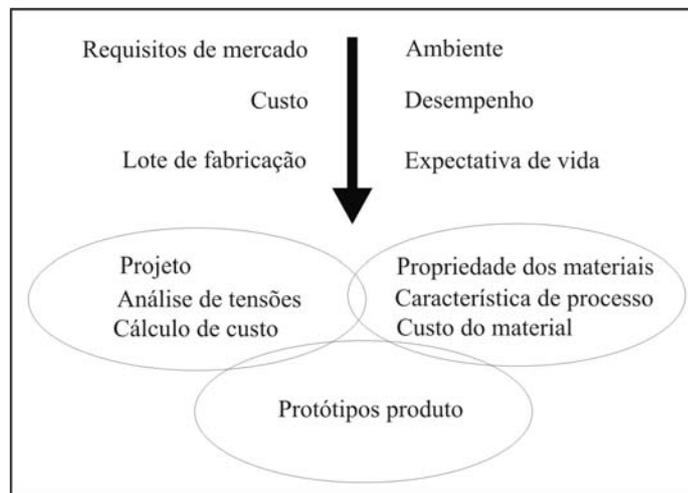


Figura 8 - Relações interativas do processo de desenvolvimento do produto  
Fonte: Adaptado de Ferrante<sup>63</sup>

Ao focar somente no contexto da Seleção de Materiais, Ferrante<sup>63</sup> descreve que esse processo pode ser comparado à forma de um funil (Figura 9). Inicialmente, deve-se considerar um grande número de possíveis materiais de modo a não perder nenhuma oportunidade

razoável, mas que a aplicação sucessiva das restrições transforma essa abordagem inicial em uma abordagem mais detalhada e seletiva à medida que o processo se move para a direita da figura.

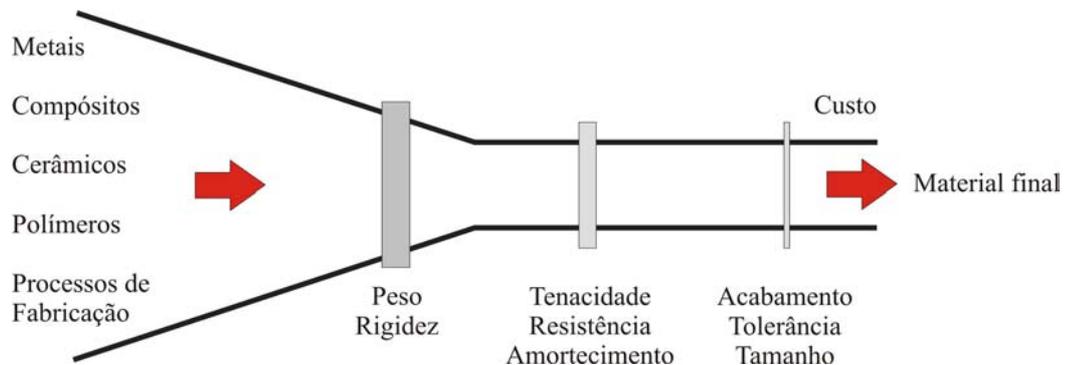


Figura 9 - Afunilamento no processo de Seleção de Materiais  
Fonte: Adaptado de Ferrante<sup>63</sup>

Ao analisar esse processo de seleção, verifica-se que, em todas as fases de afunilamento, as propriedades dos materiais são avaliadas. Isso é de fundamental importância para o projeto de produto, pois tende a garantir os requisitos necessários, para que o produto seja concebido e lançado no mercado, com a certeza de que esse item (material) teve sua seleção embasada em características técnicas. É importante notar que muitas abordagens técnicas atuais não avaliam a variável ambiental, o que faz com que a grande maioria dos projetos de produtos seja ambientalmente insustentável.

## 2.6 MATERIAIS

Os materiais sempre estiveram presentes na evolução do homem, mesmo sem entender essa interdependência esses materiais eram, e ainda são, utilizados pelo fato da sobrevivência humana.

Mas, ao longo do tempo, essa prática foi sendo incorporada a todas as culturas, tornando-se substância de realização em todas as esferas das civilizações. Basta lembrar que as diversas eras, pelas quais o homem passou, são caracterizadas pelo grau de desenvolvimento e utilização dos materiais: idade da pedra, idade do bronze, idade do ferro, etc.<sup>8,39-41</sup>

O Designer tem como uma de suas incumbências transformar os materiais e tecnologias existentes em objetos de uso, ou seja, a materialização do contato do homem com o meio, através da forma tridimensional-física do objeto.<sup>58,72-74</sup> Por mais avançada que seja a concepção de um projeto, ele fracassará se não resultar em objeto funcional. Portanto, o conhecimento dos processos de fabricação e dos materiais é indispensável para que o Designer consiga materializar um projeto conceitual ou ideológico.<sup>56,75</sup>

A Figura 10 mostra um panorama evolutivo e a importância relativa de alguns materiais ao longo dos tempos.<sup>38</sup> Nesta figura, é possível verificar que houve uma inflexão na curva (década de 1960) a partir da utilização em larga escala dos polímeros.

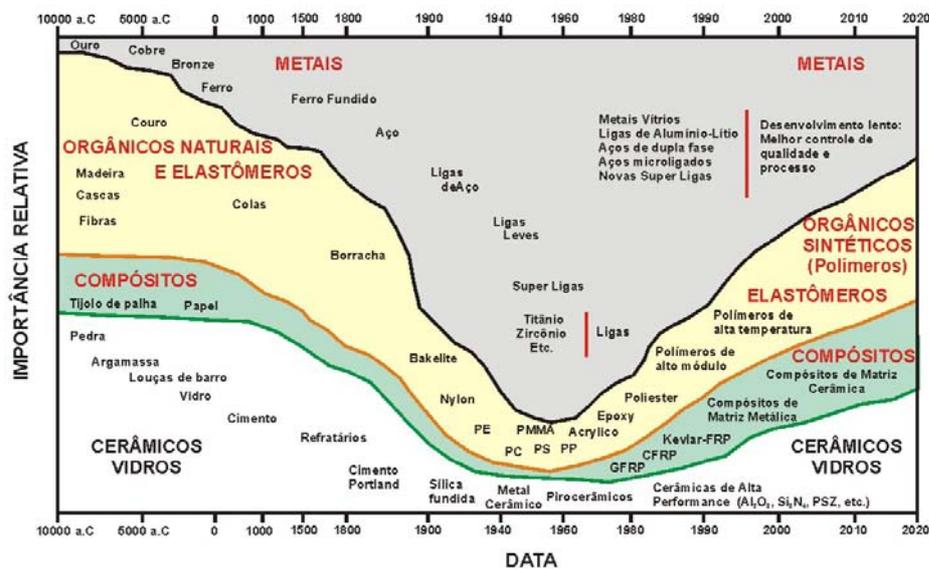


Figura 10 – Panorama evolutivo e importância relativa de diferentes materiais  
Fonte: Amaral<sup>38</sup>

Com o surgimento dos polímeros, foi possível desvincular a relação direta material/produto existente até então<sup>36</sup>, ou seja, uma faca não precisa ser fabricada somente em aço, mas pode ser construída, utilizando-se outro material, como o polímero ou a cerâmica.

O processo inovador na área do Design é potencializado quando existe o interesse e a apropriação comercial de invenções ou a introdução de aperfeiçoamentos nos bens e/ou serviços utilizados pela sociedade.<sup>24,69,76</sup> Neste sentido, a evolução dos materiais (Figura 10) propiciou ao Designer o aumento no número de oportunidades e da quebra de paradigmas.

Podemos dizer que o surgimento dos polímeros para uso mercadológico proporcionou um caráter radical na inovação dos produtos, o que modificou completamente as práticas

técnico-científicas e sociais. Porém, suas derivações que originaram materiais compósitos podem ser caracterizadas como um aperfeiçoamento dos produtos, processos e serviços existentes.<sup>23,77</sup> Cabe ressaltar que o termo aperfeiçoamento, no contexto descrito, é utilizado com foco tecnológico e de desempenho, não levando em conta aspectos ambientais.

A multiplicidade de possibilidades de escolha dos materiais e processos que afetam de forma diferenciada distintos grupos sociais e de interesse, bem como o ambiente e a qualidade de vida, caracterizam a dimensão das inovações que hoje são possíveis na área do Design.

Dentre estas inúmeras possibilidades, a utilização de um determinado material ocorre desde que suas propriedades físicas, mecânicas, químicas, o custo e sua disponibilidade no mercado possam atender as especificações de projeto.<sup>8,22,65</sup> Ao contrário disso, o desenvolvimento do produto pode ser abortado devido às incertezas que podem ser geradas, principalmente quanto à usabilidade do produto.

Na concepção atual de um produto é possível utilizar materiais e processos de fabricação que até bem pouco tempo não eram sequer considerados.<sup>56</sup> Um exemplo é o Titânio, que até recentemente era visto como um material exclusivo, caro e para uso militar. Atualmente, esse material tem sido utilizado para outros fins, como próteses humanas, relógios, acessórios para alpinismo, etc.

Da mesma forma, a Fibra de Carbono, que foi desenvolvida para aplicações específicas como coletes à prova de balas e pontas de ogivas nucleares, é utilizada, atualmente, para outros fins que fazem uso de suas características peculiares, como a alta resistência mecânica aliada a leveza. Este material está sendo largamente aplicado em objetos de uso diário, tais como: bicicletas, raquetes de tênis, abtáculos, chassis de veículos, etc.

Desta forma, as tendências, muitas vezes criadas pelo Design Inovador, impõem necessidades que são atendidas, porque existe uma condição para isso. Como exemplo, pode-se citar o projeto de um óculos, que ao mesmo tempo tem de ser leve e resistente e necessita para isso, de um material que contenha essas características. Assim, a Fibra de Carbono, tão disseminada atualmente, poderia ser utilizada como matéria-prima nesse caso.

O Titânio e a Fibra de Carbono estão entre os aproximadamente 60.000 e 100.000 diferentes materiais e que utilizam diversos processos e técnicas de transformação<sup>12</sup> que hoje estão disponíveis. Neste cenário, de quase infinita possibilidade de utilização de materiais, o Designer passa a ter a necessidade de adquirir conhecimentos até então específicos das engenharias, tais como estrutura e propriedades dos materiais.<sup>39,41,65-66</sup>

Ocorre que, mesmo para a Engenharia, estes conhecimentos, baseados em ciência e tecnologia, vêm sendo suplantados freqüentemente, com tempos cada vez mais curtos entre a pesquisa e a disponibilidade do material para o mercado. Isso certamente é estimulado pela concorrência entre os desenvolvedores de matérias-primas. No campo do Design, os ciclos de criação e maturação das idéias são também cada vez mais rápidos, não sendo raro um produto manter-se no mercado por apenas 30 ou 40 semanas.

Assim, torna-se necessário agilizar e estreitar a relação entre os projetistas<sup>8,19,58</sup>, sejam Designers ou Engenheiros, e favorecer a intercomunicação entre ambos<sup>74</sup>, pois, em muitos casos, produtos são mal sucedidos devido, justamente, a esta falta de sinergia entre a Seleção de Materiais e o Design, ou ainda, devido a escolha incorreta do processo produtivo.

Neste sentido, esse trabalho vem demonstrar também que é necessário estreitar a relação entre concepção e exequibilidade de novos produtos, levando em conta as fases de pesquisa e desenvolvimento no que diz respeito à interação entre Materiais e Design.

Assim, pode-se afirmar que a relação Materiais e Design são vitais em todas as etapas do desenvolvimento de um produto, valendo essa premissa também para o desenvolvimento de produtos sustentáveis.

## 2.7 DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS – PERCEPÇÃO DO USUÁRIO

Para Löbach<sup>33</sup>, um dos critérios principais na produção industrial é o uso econômico dos materiais para o desenvolvimento do produto. Neste sentido, a Seleção de Materiais tem um papel fundamental para que isso ocorra, que é a de classificar os materiais segundo as características desejadas no produto. Ainda segundo Löbach<sup>33</sup>, a natureza da superfície aparente dos produtos industriais tem uma grande influência sobre seu efeito visual, e que, na maioria das vezes, depende da correta escolha dos materiais e do acabamento superficial, pois sensações como, frio, calor e texturização podem ser repassados ao usuário, através da superfície externa do produto.

Conforme Munari<sup>26</sup>, a indústria, que apresenta o problema de um produto, ou problema de processo ao Designer ou Engenheiro, tem certamente uma tecnologia própria, capaz de trabalhar certos materiais, mas fica limitada, não podendo utilizar outros materiais, devido a restrição de processo. Ainda segundo Munari<sup>26</sup>, é inútil pensar em soluções de

projeto que desconsiderem os dados relativos aos materiais e às tecnologias de transformação, pois essas duas áreas precisam caminhar paralelamente para que ocorra uma perfeita sinergia entre o Produto e a Seleção do Material.

Para Ashby e Johnson<sup>56</sup>, os produtos alcançam sucesso com uma combinação entre o bom projeto técnico e o projeto industrial criativo, onde os materiais e os processos são usados para fornecer a funcionalidade, a usabilidade e a satisfação na compra. Este último, a satisfação, é extremamente influenciada pela estética do produto, pelas associações do usuário e pelas percepções que o produto transmite ao usuário.

Segundo Baxter<sup>22</sup>, pesquisas realizadas em mais de 500 produtos, demonstrou que desde a primeira idéia até se chegar a produtos lucrativos, existe uma taxa de mortalidade de 95% desses produtos. O usuário mudou seu perfil, e está mais informado, mais exigente e com altas expectativas de qualidade, serviço e Design, além de desejarem preços baixos.

Dentro deste contexto, a atividade de Seleção de Materiais exerce forte influência, pois o material escolhido deve se adequar perfeitamente ao conjunto de atributos esperados pelo produto, como a forma almejada, usabilidade e respeito ao meio-ambiente.<sup>55,77</sup> Manzini e Vezzoli<sup>19</sup>, descreve que, para o desenvolvimento de um produto, não há atualmente apenas um material que se mostra como uma escolha óbvia, mas que existem inúmeros materiais diferentes que podem atender as necessidades esperadas.

Conforme Waterman e Ashby<sup>12</sup>, existem milhares de materiais como metais, polímeros, cerâmicos, vidros, elastômeros e compósitos. Diante desse fato, a Seleção de Materiais é de vital importância, e a correta classificação, durante a fase projetual, pode auxiliar no sucesso do produto. Segundo Ferrante<sup>46</sup>, as propriedades mecânicas, físicas, processos de fabricação, suprimentos, custos, certificações, acabamentos e reciclagem são as principais características a serem abordadas para a correta Seleção dos Materiais.

Segundo Lennart e Kevin<sup>17</sup>, existem muitas idéias diferentes de como a Seleção dos Materiais para um produto deve ser feita e muitas destas idéias consideram somente a criação de um produto funcional. Entretanto, um produto funcional não é o bastante para muitos consumidores. Como exemplo, Lennart e Kevin<sup>17</sup>, citam que diversos consumidores requerem somente um simples relógio para mostrar o tempo, mas que, para outros, um Design avançado em combinação com um material inovador seria a solução ideal.

Lennart e Kevin<sup>17</sup> propõem um método de desenvolvimento de novos produtos que leve em consideração o desenvolvimento do produto integrado. Nessa proposta, são apresentados a unificação da Seleção de Materiais, o marketing e a análise do projeto como

uma ferramenta para desenvolvimento do produto. Esses dois autores descrevem que existem muitos métodos diferentes para a Seleção de Materiais; entretanto, a maioria desses métodos se limita ao material como uma entidade física para dar forma a um produto. O modelo desenvolvido pelos autores incorpora fatores tais como a forma do produto, tendências do mercado, aspectos culturais, estéticos e ambientais.

Pesquisas apontam que aproximadamente 90% de todos os bons produtos técnicos não são um sucesso no mercado.<sup>17</sup> Um produto pode ser desenvolvido com uma técnica avançada levando em consideração a Seleção dos Materiais, função, estética, mas, por muitas razões, o produto é uma falha do mercado.<sup>17</sup> Segundo Lennart e Kevin<sup>17</sup>, para um produto ser bem aceito, os usuários devem compreender também as vantagens físicas do produto, aceitá-las, aprendê-las, e devem apreciar as vantagens abstratas desse produto. A vantagem física é a característica material do produto, como a Seleção dos Materiais, Ciclo de Vida ou Reciclabilidade. Nas características abstratas existem valores que aguçam os sentidos, como a imaginação, o conhecimento, as experiências passadas e idéias pré-concebidas do produto.

Conforme Lennart e Kevin<sup>17</sup>, desenvolver um produto avaliando somente as questões tangíveis pode ser um erro, mas para que isso seja evitado deve existir um balanço entre o tangível e o abstrato, visando assim uma maior satisfação do usuário.

Segundo Ashby e Johnson<sup>56</sup>, a Seleção dos Materiais para o desenvolvimento do produto é uma maneira de compreender o que o material significa. A seleção clássica dos materiais envolve a especificação sistemática das exigências físicas, dentro os quais podem-se citar os mapas de seleção, que são uma maneira teórica que abrange cálculos matemáticos.

Tais métodos são interessantes para a seleção teórica do material, mas para a questão psicológica que o produto transmite ao usuário, essa forma clássica de seleção tem seu efeito reduzido. Então, segundo Ashby e Johnson<sup>56</sup>, entram a experiência do Designer relativa ao aspecto estético, de usabilidade e emocional que o produto deve transmitir. Ashby e Johnson<sup>56</sup> demonstram uma forma de desmembrar o produto segundo as principais etapas de projeto, levando em conta aspectos físicos e psicológicos. Observa-se na Figura 11 que os materiais e processos estão diretamente ligados a todo o contexto de desenvolvimento do produto, ou seja, são responsáveis pelo aspecto tangível do produto.

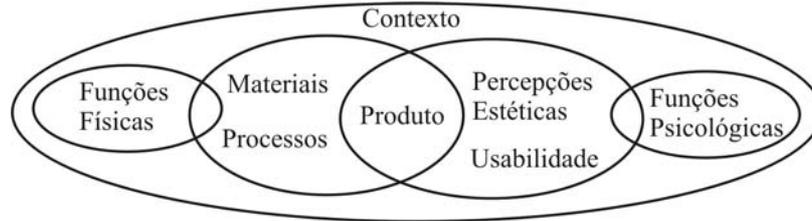


Figura 11 - Funções físicas e psicológicas do produto  
 Fonte: Adaptado de Ashby e Johnson<sup>56</sup>

A definição dos materiais depende diretamente do perfil do usuário para o qual o produto será projetado.<sup>8,46,56</sup> Essa característica é definida como a personalidade do produto, na qual as escolhas diferem para um produto desenvolvido para crianças, pessoas idosas, esportistas, etc. Para cada usuário ou grupo de usuários, é requerida uma Seleção de Materiais específica, assim como o tempo de utilização e a ocasião. A Figura 12 mostra essa característica e sua ligação com o usuário.

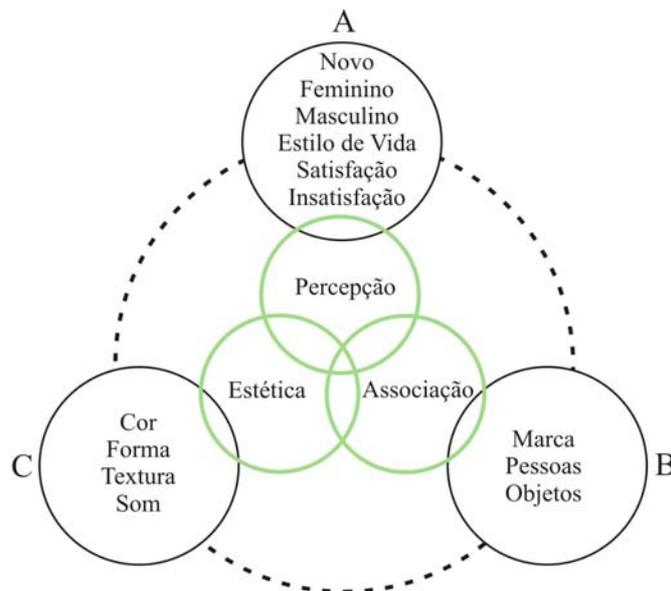


Figura 12 - A personalidade do produto  
 Fonte: Adaptado de Ashby e Johnson<sup>56</sup>

Na Figura 12(A), o usuário percebe as questões relativas a sua própria relação pessoal, como feminino ou masculino, estilo de vida, satisfação, insatisfação, etc. Na Figura 12(B), é considerada a associação que o usuário faz em relação, a experiências passadas como contato com carros, brinquedos, pessoas, etc. Na Figura 12(C), é considerado o aspecto estético do produto, onde são contempladas características como, cor, forma, textura, inclusive as relações das percepções como cheiro, som, paladar, etc.

Ao analisar a Figura 12, pode-se concluir que segundo Ashby e Johnson<sup>56</sup>, o processo de concepção de um produto, passa por etapas que vão desde de aspectos estéticos, até aspectos abstratos, que são balizados através de informações do meio em que vivemos, e que já estão registrados em nossa memória.

Pode-se dizer, que essa concepção de modo de projeto, tende a fazer com que o usuário sinta-se integrado ao produto, como por exemplo, emocionalmente através de histórias de uso passadas. Assim, ao projetar um produto que transmita essa percepção, a chance do usuário ficar com o produto por um período maior de tempo, postergando seu descarte, poderá ser maior, e com isso, é propiciado a minimização do impacto ambiental.

## 2.8 O ENSINO SOBRE MATERIAIS E ECODESIGN NA GRADUAÇÃO EM DESIGN DE PRODUTO

Segundo Lesko<sup>23</sup>, estudantes de Design Industrial deveriam ter uma compreensão de materiais e métodos de fabricação já no princípio de seu currículo. Isso é um aspecto importante, pois, à medida que o curso avança, mais e mais projetos são solicitados aos alunos e, conseqüentemente, os estudantes necessitam visualizar e desenvolver formas que mais cedo ou mais tarde serão fabricadas. Sem o conhecimento básico sobre materiais e de possibilidades de fabricação, esses estudantes poderiam apenas idealizar um produto, limitados pela ausência de conhecimento sobre propriedades mecânicas, físicas e químicas dos materiais.

Mas, segundo Lesko<sup>23</sup>, com uma boa base de conhecimento sobre materiais e processos, o estudante é capaz de propor soluções para o projeto de produto e confiar na viabilidade de fabricação. Neste sentido, foram realizados levantamentos curriculares em algumas escolas de Design no Brasil, com ênfase no projeto de produto, onde foram verificados a existência do termo Materiais, Ecodesign ou termos semelhantes, que apontassem para o ensino dessas áreas ao acadêmico de Design.

As matrizes curriculares foram pesquisadas diretamente na página de cada Instituição, através do *site* designbrasil.<sup>78</sup> No Quadro 3, são descritas as Instituições e a indicação das disciplinas de Materiais e Ecodesign.

Quadro 3 – Ensino sobre Materiais e Ecodesign.

<b>Instituição</b>	<b>Materiais</b>	<b>Ecodesign</b>
BARDDAL/ SC	Tecnologia e Propriedade dos Materiais I Tecnologia e Propriedade dos Materiais II	Ecodesign
BELAS ARTES / SP	Tecnologia de Materiais Industriais	Ecodesign Gestão Ambiental
CESAT / ES	Materiais e Processos I Materiais e Processos II Materiais e Processos III Materiais e Processos IV	-----
FAAP / SP	Materiais e Processos Industriais I Materiais e Processos Industriais II	Ecodesign
FACAMP / SP	Oficina 3 – Materiais	-----
FATEA / SP	Materiais Industriais I Materiais Industriais II	Ecologia Aplicada Ecologia I
FATEB / SP	Materiais Industriais I Materiais Industriais II	-----
FEEVALE / RS	Materiais I	Ecodesign
FUMEC / MG	Técnicas, Materiais e Processos / Metal – Madeira Técnicas, Materiais e Processos / Plástico	-----
FURB / SC	Pesquisa de Novos Materiais do Produto	Gestão Ambiental Design e Meio Ambiente
MACKENZIE / SP	Materiais: Vidro Materiais Industriais II	-----
TUIUTI / PR	Materiais e Processos I Materiais e Processos II Materiais e Processos III Materiais e Processos IV	-----
PUC / RJ	Materiais e Processos Produção I Materiais e Processos de Produção II	Projeto Avançado- Uso e Impactos Sócios Ambientais Ecodesign
UCDB / MS	Materiais e Processos Industriais	Ecodesign
UCG / GO	Materiais e Tecnologia I Materiais e Tecnologia II Materiais e Tecnologia III	-----
UCL / ES	Materiais e Processos I Materiais e Processos II Materiais e Processos III Materiais e Processos IV	-----
UCS / RS	Materiais e Processos I Materiais e Processos II Materiais e Processos III	Ecodesign
UDESC / SC	Materiais I Materiais II Materiais III	-----
UEMG / MG	Tecnologia de Materiais e Processos	Ecologia e Impacto Ambiental
UEPA / PA	Processo de Fabricação e Materiais I	Ecodesign
UFMA / MA	Materiais e Técnicas de Representação Bidimensional Materiais Industriais I Materiais Industriais II	-----
UFPE / PE	Materiais e Processos	-----
UFPR / PR	Materiais e Processos I Materiais e Processos II Materiais e Processos III	-----

<b>Instituição</b>	<b>Materiais</b>	<b>Ecodesign</b>
UFCG / PB	Teoria dos Materiais	
UFRGS / RS	Ciência e Tecnologia dos Materiais Seleção de Materiais A Materiais e Processos I Materiais e Processos II Materiais e Processos III	Ecodesign Gestão Ambiental
UFSM / RS	Estudo dos Materiais Pesquisa Aplicada de Materiais Estruturas em Materiais Flexíveis	-----
UNB / DF	Materiais Industriais	Ecologia Geral
UNESP / SP	Oficina de Materiais Plásticos Materiais e Processos de Fabricação	-----
UNICENP / PR	Materiais e Processos I Materiais e Processos II Materiais e Processos III	Gestão Ambiental
UNIFAE / PR	Tecnologia de Materiais e Processos I Tecnologias de Materiais e Processos II Tecnologia de Materiais e Processos III	Ecodesign
UNIFRA / RS	Materiais e Processos	-----
UNIFRAN / SP	Materiais e Processos Industriais I Materiais Industriais II	-----
UNIJUI / RS	Materiais	Tecnologia e Meio Ambiente Ecodesign
UNIRITER / RS	Tecnologia de Materiais I Tecnologia de Materiais II	Ecologia Aplicada ao Design Ecologia Industrial Gestão Ambiental- Ecodesign
UNISUL / SC	Materiais e Processos de Produção I Materiais e Processos de Produção II Materiais e Processos de Produção III	Projeto de Design Ambiental Consumo Entrópico e Impacto Ambiental
UNIVALI / SC	Materiais Industriais I Materiais Industriais II	-----
UNIVILLE / SC	Materiais e Processos de Fabricação Materiais Expressivos	-----
USP / SP	Materiais e Processos de Produção I Materiais e Processos de Produção II Materiais e Processos de Produção III Materiais e Processos de Produção IV	-----

Ao avaliar os dados do Quadro 3, observa-se um aspecto importante relativo ao ensino sobre materiais. Esse aspecto é de que em várias escolas as disciplinas sobre materiais são ministradas pelo menos três vezes durante o curso, demonstrando a importância do conhecimento sobre materiais para o qual o Designer deve ser preparado.

Mas, ao avaliar o ensino sobre Ecodesign, ou relações ambientais com o projeto de produto, algumas instituições não deixam claro se essa prática ocorre durante o curso. Essa informação pode ser vista sobre dois aspectos principais: o primeiro aspecto pode sugerir que

essas instituições integram sistematicamente a questão ambiental em seus projetos, sem a necessidade de uma disciplina específica para isso; e em um segundo aspecto, as instituições não dão a devida importância a essa questão, tão discutida e comprovada positivamente nos dias atuais.

Sobre os materiais, Kindlein, Cândido e Platcheck<sup>14</sup> descrevem que o Designer já não se encontra perante a um número restrito de materiais com propriedades conhecidas e constantes, e esta sim perante a um enorme e crescente campo de possibilidades advindas de uma multiplicação de materiais e processos de fabricação. Com isso fica favorecida, uma especialização em determinados campos de aplicação, forçando a otimização de recursos e a atualização contínua de conhecimentos.

Esse fato pode ser uma boa ou má notícia para o Designer. Boa, porque existe uma série de possibilidades criativas para a utilização desses materiais, e má notícia, porque, certamente, o impacto ambiental poderá ser ampliado se os cuidados ambientais na fase projetual não forem tomados.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS: ESTUDOS DE CASO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizados três estudos de caso, que compõem o fator integrador dos 3R's, demonstrando que os processos descritos podem ser empregados a diversos tipos de produtos, mantendo a questão do melhor aproveitamento do uso dos materiais em todos eles. Esses processos podem ser utilizados desde a indústria até o terceiro setor como, por exemplo, no artesanato.

Foram realizados três estudos de caso 1, 2 e 3, demonstrando uma proposta objetiva e clara de que é possível integrar aspectos ambientais na reutilização, na redução e na reciclagem dos materiais, sem deixar que se produza, mas que os materiais sejam utilizados de uma maneira consciente e comprometida ambientalmente.

A Figura 13 mostra a estrutura de integração dos estudos de caso e a inter-relação Materiais e Ecodesign com foco nos 3R's.

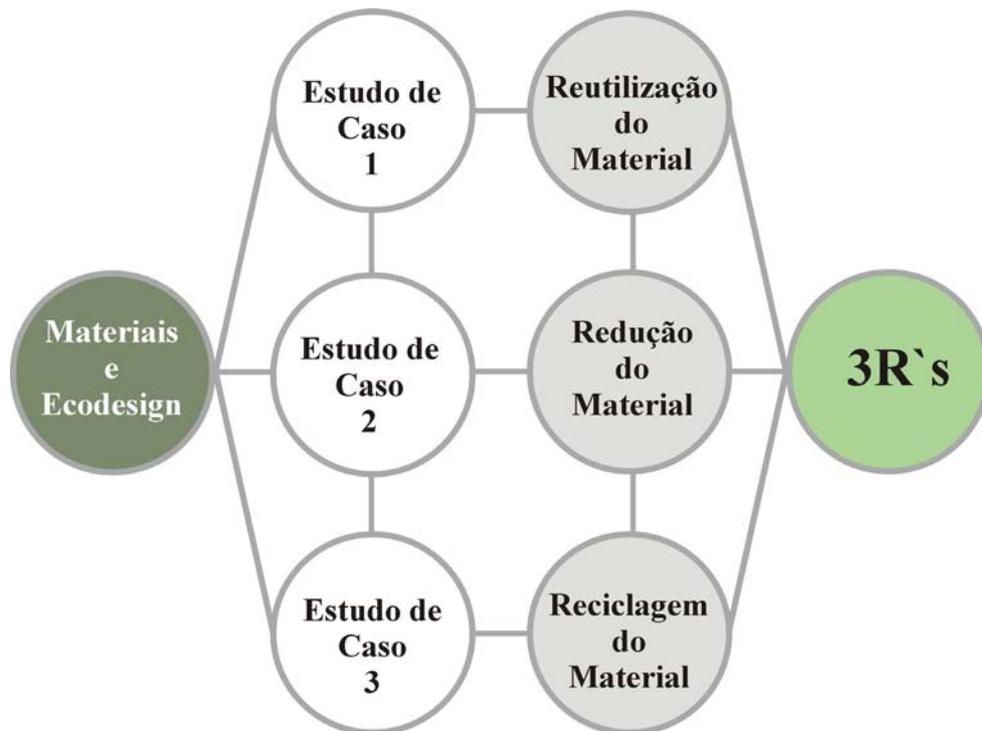


Figura 13 – Organograma da integração dos estudos de caso

De acordo com uma das definições de sustentabilidade<sup>25</sup>, o desenvolvimento sustentável da sociedade humana pressupõe, entre outros desafios, de um desenvolvimento

ecológico, em outras palavras, o desenvolvimento com especial cuidado aos recursos ambientais. Existem várias formas de abordagem ambiental no projeto do produto, como a concepção dos 3R's, pelo mínimo consumo de energia, pelo mínimo de peso, de redução da poluição do ar e da água, a substituição gradual de materiais não-renováveis por renováveis. Pode-se afirmar que a otimização da seleção de um material, aplicado ao produto, é uma das formas de apoiar a sustentabilidade ambiental no atual estágio de desenvolvimento da humanidade tanto no aspecto econômico como no aspecto social.

Assim, Engenheiros, Designers e demais projetistas têm a necessidade de identificar materiais que tenham aspectos funcionais específicos, a fim de encontrar possíveis conceitos e soluções de projeto que reduzam o impacto ambiental, não esquecendo que o caráter global de um produto é uma síntese da sua funcionalidade e usabilidade.

Neste sentido, a integração dos estudos de caso, realizados nessa dissertação, é comprovada através da busca pela reutilização das sobras de materiais para fabricação de produtos secundários, pela redução do uso de materiais na fabricação do produto e por um processo que oriente Engenheiros e Designers no desenvolvimento de novos produtos, visando a separação de seus componentes e sua posterior re-utilização ou reciclagem.

### 3.1 ESTUDO DE CASO 1

O crescimento e a concentração populacional, aliado ao desenvolvimento tecnológico e a crescente demanda de bens de consumo, geraram um aumento de produtos descartados e a concentração de resíduos sólidos e, conseqüentemente, à rápida degradação ambiental. Muitas vezes o resíduo é disposto a céu aberto, os quais ficam localizados em área inadequada e sem tratamento, comprometendo o ambiente e a saúde pública. Contaminam o lençol freático, atraem vetores como ratos, aves e insetos que podem transmitir doenças ao homem, emitem gás metano, estimulando a chuva ácida e o efeito estufa.<sup>80</sup>

Nesse contexto, a produção de couro, além do grande consumo de insumos como água e energia, também carrega o problema dos produtos tóxicos utilizados no seu tratamento e nas formulações das tintas de acabamento como o cromo, solventes orgânicos, emulsificantes com baixa biodegradabilidade, corantes, etc. Outra grande quantidade de resíduos é gerada pela

produção de artigos de couro e constitui-se de aparas, que são geradas devido aos cortes realizados no processo de fabricação do produto final. Portanto, o re-uso de couro, já beneficiado, implica em minimizar o impacto gerado nesse procedimento.<sup>81</sup>

A indústria coureiro-calçadista é uma das mais importantes do Brasil. Só no Estado do Rio Grande do Sul - RS, estima-se que cerca de 112 mil empregos estejam relacionados com este setor, que possui cerca de 4 mil empresas em todo o País, 80% das quais situadas no Estado, mais especificamente no Vale dos Sinos. Os números relativos à produção dessa indústria e, por via de consequência, de produção de resíduos também são elevados. Estima-se que sejam usadas anualmente 24 milhões de peles bovinas, utilizadas na fabricação de calçados, bolsas, acessórios e no vestuário.

O setor coureiro-calçadista do Rio Grande do Sul conta com cerca de 130 indústrias de processamento do couro. Como consequência dos processos industriais, produz-se grande quantidade de resíduos sólidos que podem ser não-curtidos ou curtidos.<sup>82</sup> No RS, atualmente, o resíduo dos curtumes ainda vem sendo acumulado em aterros sanitários ou "lixões", visivelmente inapropriados, porque são constantemente lixiviados pela chuva e vão contaminar o lençol freático. Já existem instalações um pouco mais seguras, as chamadas ARIPs -Aterros de Resíduos Industriais Perigosos-, que são valas padronizadas, com mantas plásticas impermeáveis e aterramento constantes.<sup>83</sup> O custo desse depósito, que chega a acerca de US\$ 5,00<sup>83</sup> o metro cúbico, poderia ser aplicado na reutilização desses resíduos para fabricação de produtos, na própria indústria geradora.

Na Figura 14, pode ser visualizada uma estação ARIPs na cidade de Três Coroas/RS e a área de depósito (coberta) com capacidade máxima atingida.



Figura 14 - Aterro de Resíduo Industrial Perigosos / ARIPs – RS/BR

Para o desenvolvimento deste estudo de caso, as matérias-primas, utilizadas na execução do modelo final de produto, foram adquiridas através de uma empresa do RS, que utiliza o couro como matéria-prima, na produção de equipamentos de segurança.<sup>84</sup>

Neste sentido, este estudo visou o reaproveitamento do resíduo sólido gerado pela empresa, a partir das sobras oriundas da confecção de seus produtos.

A empresa utiliza o couro na confecção de perneiras, luvas, aventais, entre outros produtos para segurança individual. Esse material após ser cortado gera um resíduo denominado aparas, que são retalhos geralmente descartados e sem utilização. A aparas comumente não tem uma grande área de aproveitamento, sendo utilizadas para cortar moldes pequenos como, por exemplo, o polegar de uma luva de segurança.

Porém, a demanda por produtos feitos a partir das sobras não consegue dar vazão a quantidade de retalhos gerada todos os dias. Além disso, esses produtos não aproveitam os retalhos muito pequenos ou irregulares. Em razão disso, a empresa descarta essas sobras em local específico, mas que tende a gerar um alto custo de conservação. Futuramente, essa prática tornar-se-á insustentável, uma vez que não haverá mais espaço para armazenar tamanha quantidade de resíduos.

Assim sendo, foi desenvolvida uma técnica para reaproveitamento das aparas, baseado na aplicação de um termofilme polimérico com baixo impacto ambiental, em conjunto com as sobras dessas aparas. Esse processo possibilita o aproveitamento de resíduos não só de couro como de outros materiais têxteis e tende a minimizar a questão da deposição e o impacto ambiental, além de proporcionar ao Designer uma nova alternativa de desenvolvimento de produtos.

### **3.1.1 Procedimento Experimental**

O termofilme utilizado no desenvolvimento do trabalho é denominado hot melt.<sup>85</sup> Os termofilmes são adesivos termoplásticos, isto é, possuem a qualidade de amolecerem quando expostos à determinada temperatura. Nessas condições, a estrutura molecular de suas fibras se rompe, sendo possível modelar sua forma e superfície, e que se tornam permanentes quando a peça é resfriada<sup>98</sup>.

O *hot melt* é um material transparente a base de poliolefina, produzido com processos secos, livres de solventes, 100% sólido, biodegradável e reciclável<sup>85</sup>, sendo utilizado para a colagem de tecidos diversos, não tecidos, papel e espumas. Tem gramatura entre 19 e 60 g/m<sup>2</sup> e espessura entre 25 e 60 microns. A resistência ao calor é de 60 a 120°C. Não apresenta resistência à migração de plastificantes, à lavagem convencional e à lavagem a seco. O ponto de amolecimento é de 70 a 80°C, sendo reativado entre 80 e 120° C, com tempo de exposição entre dez e quinze segundos, dependendo do equipamento, da pressão e do tipo de material utilizado. Tem um tempo de endurecimento reduzido em relação a outros adesivos e, o mais importante, não depende de nenhuma base em água ou solvente para sua utilização. Uma das grandes vantagens da utilização desse material é quanto a sua reciclabilidade e a menor agressão ao ambiente em relação a outros processos de colagem.<sup>85</sup>

### 3.1.2 Matéria-Prima para o Experimento

No ensaio, foram utilizadas aparas de couro *wet blue*.<sup>86</sup> A designação *wet-blue* refere-se à pele bovina que sofreu o primeiro processo de transformação no curtume, através de um banho de cromo, que a deixa molhada e com tom azulado.<sup>87</sup> Os retalhos utilizados têm formas irregulares, com tamanhos variando entre 4 a 8 cm, aproximadamente. Os outros materiais utilizados no experimento foram: retalhos de tecido com tratamento antichamas (brim-tecido de algodão, linho e fibras, com tratamento antichamas), e tecido 100% algodão). Todos esses materiais são provenientes de sobras de produção da empresa. Esses materiais possuem uma geometria irregular, com dimensões aproximadas entre 30 cm x 20 cm e 16 cm x 5 cm.

Na Figura 15, é possível observar os materiais utilizados no experimento, sendo dividida em quadros denominados de A, B e C. No quadro A, observa-se o *hot melt*, no quadro B observa-se os retalhos de couro e no quadro C, tecido em brim à esquerda e o tecido 100% algodão à direita.

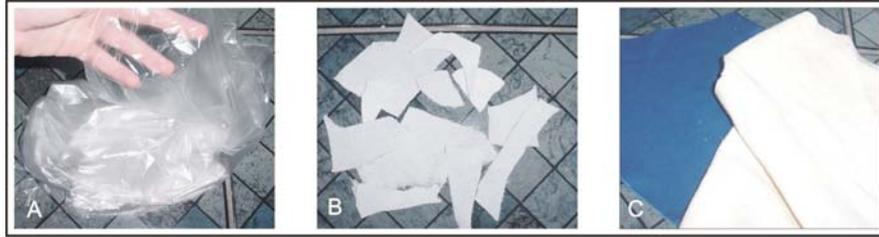


Figura 15 - Materiais utilizados no experimento

### 3.1.3 Aplicação do Experimento

O procedimento experimental propiciou a junção dos retalhos, a fim de formar uma manta que pode ser utilizada para confecção de diversos produtos, antes produzida a partir de matéria-prima virgem. Assim, foi elaborado um sanduíche contendo retalhos de couro, retalhos de tecido e *hot melt*. A Figura 16 mostra o esquema de montagem da sobreposição de camadas do sanduíche aplicado no experimento. Essa sobreposição de materiais pode variar de acordo com a necessidade do produto, ou seja, pode-se reduzir ou aumentar o número de camadas conforme a solicitação de proteção térmica desejada.

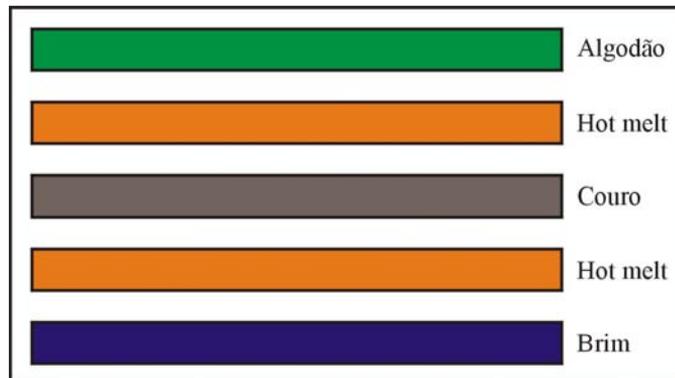


Figura 16 – Montagem do sanduíche

Depois de definida a ordem de montagem das camadas, ficou estabelecido que o produto a ser confeccionado com a nova concepção do material seria uma luva do tipo dois dedos, comumente usada para manuseio de formas, de alumínio ou aço, utilizadas em fornos caseiros e padarias. Devido ao perímetro reduzido da prensa de ativação térmica (Figura 19(A)), existente no Laboratório de Design e Seleção de Materiais – LdSM, o processo

apresentado contempla somente a fabricação do dedo da luva, porém todo o produto foi confeccionado com esse mesmo procedimento.

Primeiramente foram selecionados retalhos de brim e tecido 100% algodão com área suficiente para cobrir o molde de cada parte da luva. Os moldes foram dispostos sobre o tecido e cortados duas vezes, gerando a cobertura externa e interna da luva.

Externamente a luva foi recoberta com brim com tratamento antichamas, pois o propósito da mesma é o manuseio de objetos quentes. A última camada interna da luva foi revestida com tecido 100% algodão, que tem como característica um toque macio, a fim de proporcionar um maior conforto ao usuário durante a utilização do produto.

Na Figura 17(A) e (B), observa-se o molde para corte da luva. No quadro A, observa-se o molde de papel do polegar sobre o retalho de brim. No quadro B, observa-se os polegares já cortados em brim (na esquerda) para cobertura externa da luva e o tecido 100% algodão (a direita) para acabamento interno da luva. Na Figura 18(A), (B), (C) e (D), é descrita a seqüência de montagem do sanduíche.

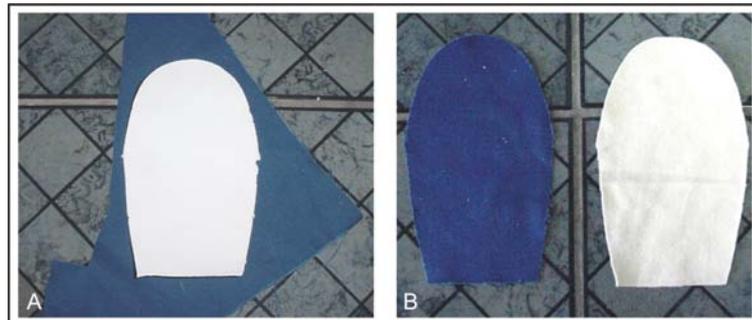


Figura 17 - Moldes de corte do produto

Primeiramente, o filme de *hot melt* foi disposto sobre o polegar de brim (lado interno), conforme Figura 18(A). Os retalhos de couro foram encaixados sobre o *hot melt* como mostra a Figura 18(B), sendo posicionados sobre o brim. Toda a área foi preenchida com esses retalhos, excedendo entre 0,5 a 1 cm as margens, para assegurar uma completa cobertura da peça e uma perfeita adesão durante a ativação térmica. Na Figura 18(C), é apresentada a montagem do *hot melt* sobre os retalhos de couro. Na Figura 18(D), é apresentada a camada de tecido 100% algodão colocada sobre o *hot melt*.

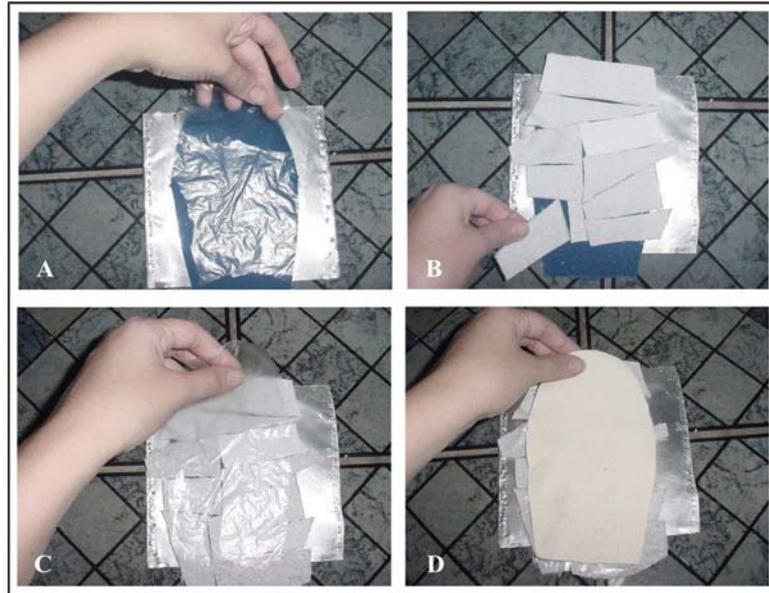


Figura 18 - Montagem dos componentes conforme sanduíche

Para continuação do processo, o sanduíche foi posicionado entre duas chapas de alumínio (dimensões 3x130x140 mm), visando proteger os materiais (tecidos) das placas térmicas da prensa durante o procedimento de ativação térmica do *hot-melt*. Após essa montagem, as chapas de alumínio, formando uma proteção superior e inferior, foram colocadas em uma prensa térmica aquecida a 80°C, durante 45 segundos com pressão de trabalho de 5 Kgf.

Esse procedimento é observado no quadro A da Figura 19. Após, finalizado o tempo de aquecimento, o sanduíche foi retirado da prensa. A margem excedente de couro foi recortada conforme é demonstrado no quadro B da Figura 19. O procedimento adotado nessa execução foi aplicado também nas outras partes da luva.

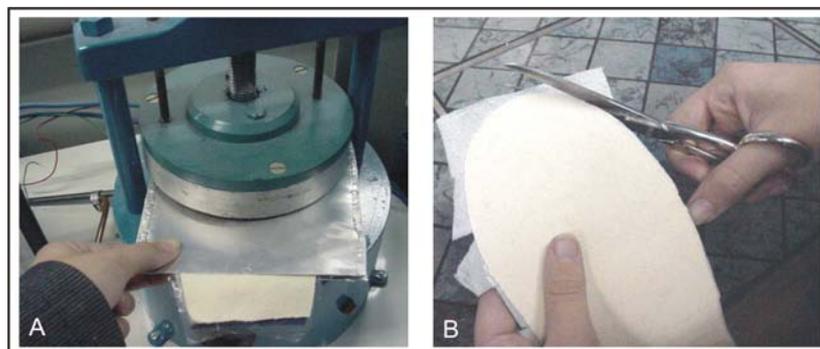


Figura 19 - Ativação térmica para prensagem

Após, confeccionado o dedo da luva e a palma da luva, partiu-se para o processo de costura das partes, sendo essa operação realizada em uma máquina de costura industrial, cedida pela empresa e instalada no LdSM. Na Figura 20, observa-se a luva pronta.



Figura 20 - Produto final

Esse produto é aplicado em situações que necessitem um cuidado especial com o usuário, ao manusear produtos a temperaturas maiores que a ambiente. O limite de utilização térmica deste produto é referente à temperatura de amolecimento do *hot melt*, que é de 70°C.

### 3.2 ESTUDO DE CASO 2

As variáveis ambientais podem ser inseridas, de acordo com Kindlein, Cândido e Platcheck<sup>14</sup>, no desenvolvimento dos produtos industriais desde a definição do problema até a solução final de projeto. Assim, torna-se possível responder as questões que envolvam a gestão ambiental e desenvolvimento sustentável já no nascimento desse produto. A introdução dessas variáveis ambientais torna-se fundamental para o desenvolvimento de novos produtos, pois integra os aspectos relacionados com a o ambiente através do desenvolvimento de rotinas, produção, utilização e eliminação final de cada produto.

Desta forma, o Designer deve procurar soluções que visem minimizar a geração de resíduos de qualquer espécie durante as várias fases de desenvolvimento de produtos e, assim, facilitar o processo de reciclagem e ou reduzir as conseqüências da eliminação final do produto. Para atingir essas variáveis, deve-se considerar o fator ambiental para a redução do

impacto, causado pela extração e transformação de matérias-primas, o processo produtivo do produto, sua utilização e os meios de escoamento e distribuição desses produtos.

No processo produtivo, deve-se considerar não apenas a fabricação, transformação, processos, linhas de montagem, os aspectos administrativos e técnicos da indústria transformadora, mas também a água, a energia consumida, a fonte de matérias-primas, o tipo de resíduos gerados e seu destino.

Ao definir os parâmetros projetuais, deve-se considerar a Seleção dos Materiais com baixo impacto, o sistema de transporte e embalagem eficiente, o consumo de energia nas várias etapas de produção, o consumo de água e materiais auxiliares, tanto para produção como para a utilização do produto final, o ciclo de vida do produto, sua reutilização, sua reciclagem e a re-manufatura do produto.

O Projeto para a montagem (*Design for Assembly*), o Design para a desmontagem (*Design for Disassembly*), o Design de Manufatura (*Design for Manufacture*) e o Design para o Serviço (*Design for Service*) devem ser considerados durante a execução do projeto, a fim de facilitar a reutilização de peças e componentes futuramente.

A visão holística do processo, proposta pela concepção ecológica do produto, deve ser equilibrada em três aspectos: a viabilidade econômica de fabricação do produto, a viabilidade ambiental do produto e a responsabilidade social oriunda da empresa produtora. Quando problemas ambientais e suas causas são conhecidos, a concepção, a seleção de materiais, a fabricação, a utilização, a reutilização, a reciclagem e a disposição final de um produto podem contemplar conceitos tecnologicamente possíveis e ecologicamente necessários.

O profissional de Design, bem como os envolvidos em projeto de produtos, e porque não dizer a sociedade em geral, devem ser os condutores da quebra do paradigma sobre a aplicação de conceitos ambientais no projeto, onde a sociedade tem o papel de ser incentivadora e fiscal dessas ações. Esta mudança de paradigma deve ocorrer em ambos os processos de produção, e não deve ser restringida somente para o cumprimento da legislação, mas deve-se pensar em todas as vantagens e oportunidades que a proteção ao ambiente é capaz de proporcionar. Dentro deste contexto, a concepção ecológica deveria ser assumida como um desafio que, mais cedo ou mais tarde, as empresas terão de enfrentar, e para os quais elas devem estar preparadas.

As preocupações e a responsabilidade com o impacto ambiental propiciaram o surgimento de novos desafios para os Designers, Engenheiros e projetistas. Os elementos de junção, amplamente utilizados pela indústria no desenvolvimento de produtos, têm um papel

fundamental nesse contexto, pois o grande desafio, proposto por essa nova ordem ambiental, é a da concepção de elementos de junção que sejam capazes de reduzir o impacto ambiental.

Esses elementos visam minimizar o processo produtivo e facilitar os processos de reutilização e reciclagem dos produtos, pois tendem a melhorar sua desmontagem, tornando mais atrativa sua prática, principalmente em Centros de Triagem, que podem ser os maiores envolvidos no destino e separação dos componentes de um produto.

A grande dificuldade observada para a desmontagem de um produto são os elementos de junção tais como: colas; parafusos especiais; rebites, etc. Esses elementos têm, como característica negativa, o grande tempo necessário para sua desmontagem, agregando um alto custo no processo, tornando, em muitos casos, essa prática inviável ou até mesmo impossível.

Em Kindlein et al.<sup>13</sup>, são apresentados os princípios de junção, sub-princípios e seus sinônimos.

Ao conhecer as principais formas dos elementos de junção, o Designer tem a possibilidade de utilizá-los de uma maneira mais correta, visando, principalmente, adequar esse conhecimento às técnicas do Ecodesign<sup>14</sup>, no que tange a montagem e a desmontagem de um produto. Adequar os produtos dentro dessa nova forma de projeto exige uma dedicação constante da área de projeto, pois é fundamental observar todos os processos envolvidos, suas características e, principalmente, saber como aproveitar essa mudança como fator positivo e agregador de valor. A técnica do Ecodesign, aplicada sob o foco dos elementos de junção, é, então, um caminho para realizar o re-design de produtos, tendo como meta a redução do impacto ambiental.

Assim, para esse estudo de caso, foi realizado o redesign de um produto existente, aplicando os conceitos do Ecodesign e que visa mostrar a viabilidade de uso da técnica preconizada. A escolha dos compressores de ar para aquário existentes no mercado foi feita, com base na similaridade entre os produtos, independente de sua marca. Foram analisados estruturalmente quatro compressores e suas partes, onde a bobina elétrica foi avaliada como elemento único para todos os modelos.

### **3.2.1 Estudo do Modelo - Compressor A**

A concepção do modelo A é representada através de sua estrutura funcional na Figura 21, sendo os componentes identificados no Quadro 4.

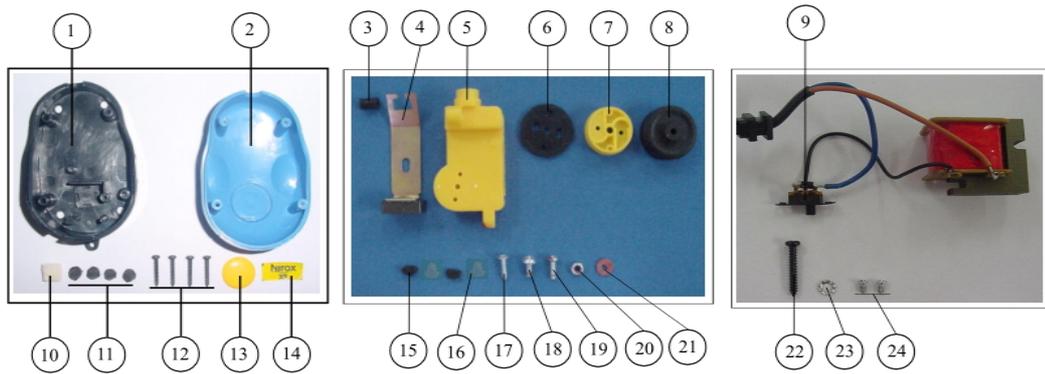


Figura 21 – Componentes do compressor modelo A

Quadro 4 – Identificação dos componentes do compressor modelo A.

Peça	Denominação	Função	Material	Qt
1	base inferior	base para montagem	termoplástico	1
2	base superior	fechamento do conjunto	termoplástico	1
3	tubo	posicionador	elastômero	1
4	braço oscilante	vibrador	aço+imã	2
5	coletor de ar	distribuidor de ar	termoplástico	1
6	anel	vedação	elastômero	1
7	base da válvula	corpo da válvula	termoplástico	1
8	diafragma	captação oxigênio	elastômero	1
9	controladora	chave	polímero	1
10	filtro	filtragem do oxigênio	feltro	1
11	apoio	apoio	elastômero	4
12	parafuso	fixador	aço	4
13	disco	item decorativo	termoplástico	1
14	adesivo	identificação do produto	termoplástico	1
15	fixador	fixador	elastômero	2
16	membrana	vedante	elastômero	2
17	parafuso	fixador	aço	1
18	parafuso	base para montagem	aço	1
19	parafuso	fixador	aço	1
20	porca	fixa peça 2 a peça 10	aço	1
21	arruela	espaçador	compósito	1
22	parafuso	fixador	aço	1
23	arruela especial	trava	aço	1
24	parafuso	fixador	aço	2
Total				34

### 3.2.2 Estudo do Modelo - Compressor B

A concepção do modelo B é representada através de sua estrutura funcional na Figura 22, sendo os componentes identificados no Quadro 5.

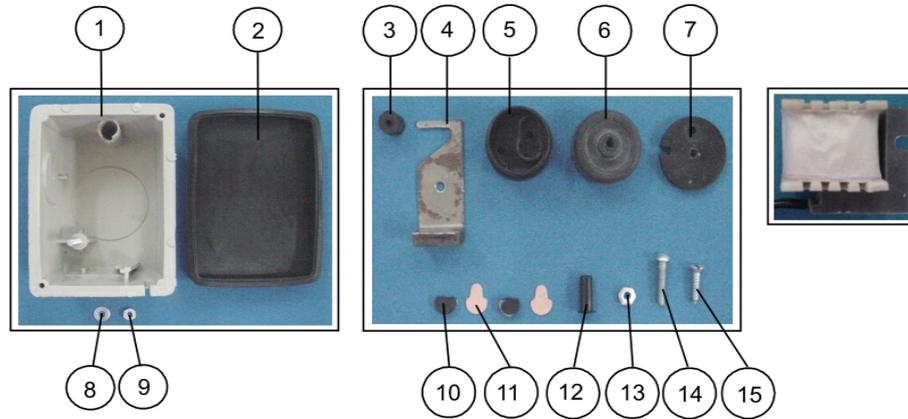


Figura 22 – Componentes do compressor modelo B

Quadro 5 – Identificação dos componentes do compressor modelo B.

Peça	Denominação	Função	Material	Qt
1	base superior	base	polímero+aço	2
2	base inferior	fechamento do conjunto	elastomero	1
3	tubo	posicionador	elastomero	1
4	braço oscilante	vibrador	aço+imã	2
5	válvula	válvula	polímero	1
6	diafragma	vibrador	elastomero	1
7	anel de vedação	vedação	elastomero	1
8	arruela	fixar bobina elétrica	aço	1
9	porca sextavada	travar bobina elétrica	aço	1
10	fixador	fixa membrana da válvula	elastomero	2
11	membrana	vedante	elastomero	2
12	tubo	conexão	polímero	1
13	porca sextavada	fixa peça 2 na peça 4	aço	1
14	parafuso	monta peça 2 na peça 4	aço	1
15	parafuso	fixador	aço	1
Total				19

### 3.2.3 Estudo do Modelo - Compressor C

A concepção do modelo C é representada através de sua estrutura funcional na Figura 23, sendo os componentes identificados no Quadro 6.

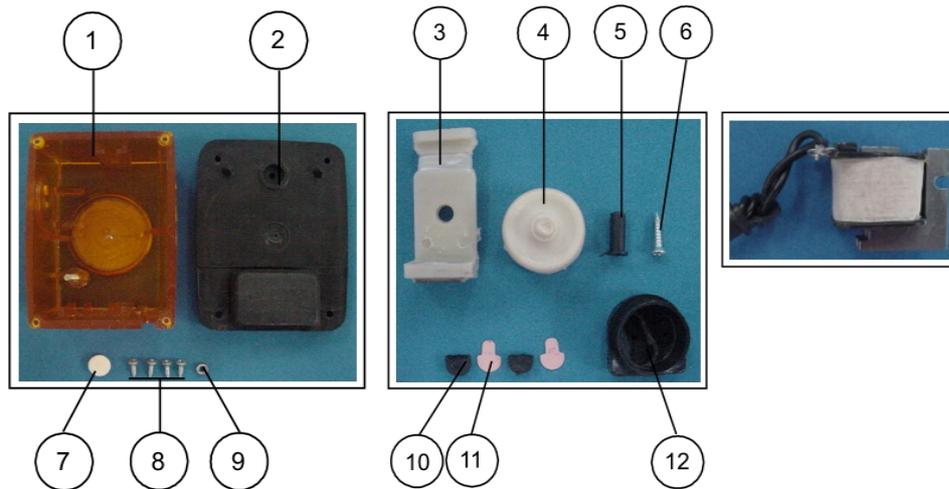


Figura 23 – Componentes do compressor modelo C

Quadro 6 – Identificação dos componentes do compressor modelo C.

Peça	Denominação	Função	Material	Qt
1	base superior	base	polímero+aço	2
2	base inferior	fechamento do conjunto	elastomero	1
3	braço oscilante	vibrador	aço+imã	2
4	diafragma	captação oxigênio	elastomero	1
5	tubo	conexão	polímero	1
6	parafuso	fixador	aço	1
7	filtro	filtro	feltro	1
8	parafuso	fixa peça 2 na peça 1	aço	4
9	porca sextavada	fixar bobina elétrica	aço	1
10	fixador	fixa a membrana da válvula	elastomero	2
11	membrana	vedante	elastomero	2
12	base da válvula	corpo da válvula	polímero	1
Total				19

### 3.2.4 Estudo do Modelo - Compressor D

A concepção do modelo D é representada através de sua estrutura funcional na Figura 24, sendo os componentes identificados no Quadro 7.

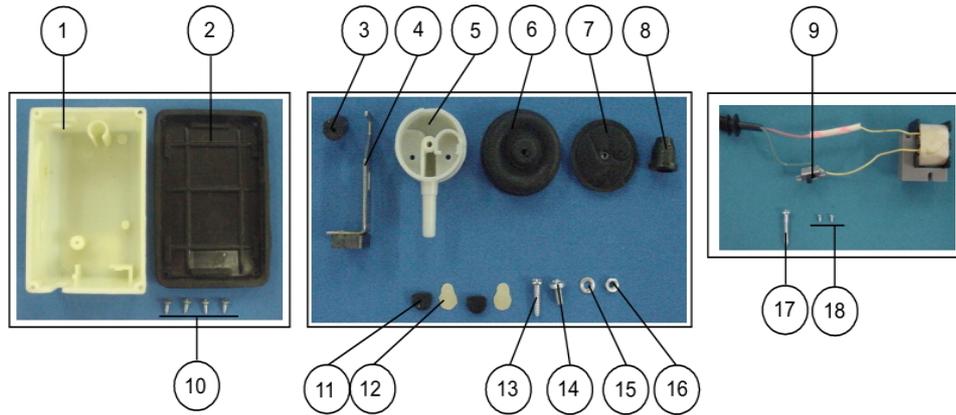


Figura 24 – Componentes do compressor modelo D

Quadro 7 – Identificação dos componentes do compressor modelo D.

Peça	Denominação	Função	Material	Qt
1	base superior	base	polímero	1
2	base inferior	fechamento do conjunto	elastomero	1
3	tubo	posicionador	elastomero	1
4	braço oscilante	vibrador	aço+imã	2
5	base da válvula	corpo da válvula	polímero	1
6	diafragma	captador	elastomero	1
7	anel de vedação	vedação	elastomero	1
8	guia	posiciona tubo peça 3	polímero	1
9	controladora	chave	polímero	1
10	parafuso	fixa peça 2 na peça 1	aço	4
11	fixador	fixa a membrana da valvula	elastomero	2
12	membrana	vedante	elastomero	2
13	parafuso	fixador	aço	1
14	parafuso	monta peça 2 na peça 4	aço	1
15	arruela	espaçador	aço	1
16	porca sextavada	fixa peça 2 na peça 4	aço	1
17	parafuso	fixador	aço	1
18	parafuso fixador	chave controladora	aço	2
Total				25

### 3.2.5 Especificações

Com base nos dados obtidos, foi realizada a análise e a determinação das especificações de pontos viáveis para re-design do produto, conforme requisitos do

Ecodesign. Nessa fase, foram determinadas duas linhas de re-projeto possíveis de serem seguidas: uma na estrutura funcional do produto e outra na análise de materiais e processos.

Assim, a análise contemplou os seguintes pontos: redução do número de componentes, redução dos elementos de junção, redução da matéria prima utilizada para fabricação e minimização de processos de fabricação. Quanto à vazão de ar do compressor, foi mantida a mesma proporção dos similares. No Quadro 8, é feita uma análise quantitativa do número de peças necessárias para montagem de cada conjunto.

Quadro 8 – Comparativo do numero de componentes entre compressores

Modelo de Compressor	Total
A	34
B	19
C	19
D	25

Ao avaliar o Quadro 8, fica claro a diferença existente no número de componentes de cada similar. Com base nessa informação, partiu-se, então, para a concepção de um produto, que contempla-se um menor número de peças em relação aos produtos B, C e D. Assim, iniciou-se o trabalho de re-design estrutural do produto com ênfase na redução do número de componentes, sem afetar sua funcionalidade, atendendo a critérios técnicos de projeto e de processo, todos orientados pelo Ecodesign.

Com auxílio de *software* 3D, foi desenvolvido um modelo de compressor, baseado nas orientações do Ecodesign, contemplando um número de processos o mais enxuto possível. Assim, o processo, que baliza toda a fabricação do produto, é o da injeção de polímero por pressão em molde. A Figura 25 mostra uma vista explodida da proposta de compressor desenvolvida pelo autor.

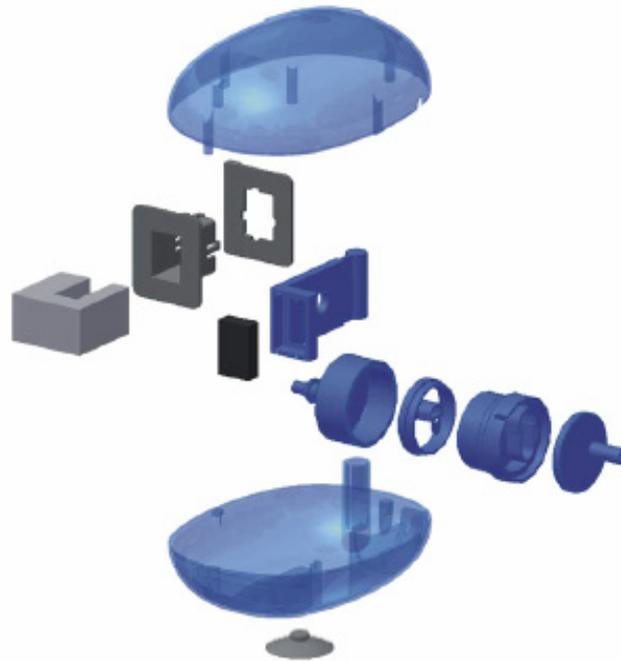


Figura 25 – Proposta de compressor  
Fonte: Projeto do autor

O projeto de componentes únicos, com funções que antes eram feitas baseadas na montagem de dois ou mais componentes, possibilitou a redução de peças e adoção do processo de injeção sob pressão na produção das peças plásticas. Os componentes 1 e 2, na Figura 26, são responsáveis pela estruturação do compressor, posicionamento dos componentes internos, proteção dos componentes internos e a estética do produto.

Nos componentes do produto, foram aplicados sistemas de fixação dos conjuntos sem a utilização de itens como: parafusos, porcas ou colagens. Um dos sistemas adotados no fechamento das tampas é denominado de *snap-fit*<sup>88</sup>, que elimina a necessidade de parafusos na montagem dos itens 1 e 2. Na Figura 26, visualizam-se os componentes do produto, e sua descrição é feita no Quadro 9.

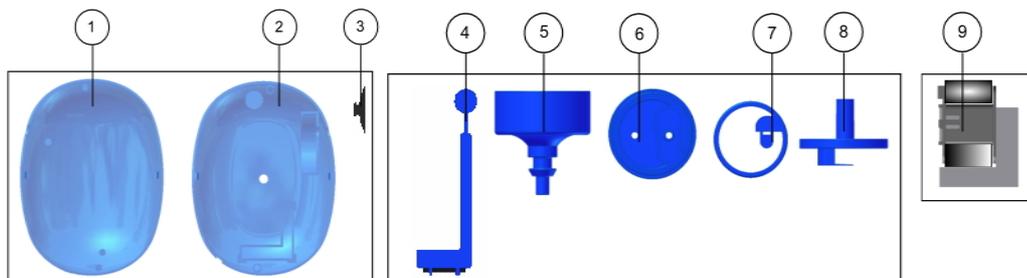


Figura 26 – Componentes do compressor  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 9 – Identificação dos componentes do compressor proposto.

Peça	Denominação	Função	Material Base	Qt
1	base superior	fechamento do conjunto	polímero	1
2	base inferior	base	polímero	1
3	ventosa	fixador	polímero	1
4	braço oscilante	vibrador	polimero+imã	2
5	diafragma	captador	elastomero	1
6	base da válvula	corpo da válvula	polímero	1
7	membrana	vedante	polímero	1
8	membrana	vedante	polímero	1
9	bobina elétrica	campo magnético	Polímero+cobre	1
Total				10

A proposta de compressor, Figura 26, partiu do princípio da redução do desperdício de matéria prima e a melhoria nos processos de fabricação, tendo como base a analogia e a análise dos produtos existentes. Para a Seleção dos Materiais, o principal objetivo foi a utilização de materiais compatíveis entre si, e neste caso, a proposta foi a de utilizar o Polipropileno para fabricação de todos os componentes não ferrosos. No Quadro 10 é feita a analogia quantitativa das peças, entre os produtos existentes e o compressor proposto.

Quadro 10 – Analogia entre compressores.

Modelo de Compressor	Diferentes Materiais	Número de Componentes	Bobina Elétrica	Total
A	06	34	01	35
B	04	19	01	20
C	05	19	01	20
D	04	25	01	26
Compressor Proposto	04	09	01	10

Na análise quantitativa descrita no Quadro 10, fica demonstrado que é possível desenvolver ou redesenhar um produto, tendo como balizador os conceitos do Ecodesign, conforme descreve Branco.<sup>48</sup> O desenvolvimento desse produto mostra que a variável ambiental no projeto, pode ser ponderada com o mesmo valor de outras estratégias industriais, tais como a qualidade, a funcionalidade, a estética, e a ergonomia.

Após, concluído o modelo 3D virtual, foi executada a prototipagem do produto (Figura 27) utilizando a técnica *SLS - Selective Laser Sintering*. Optou-se por esse processo, devido à precisão dimensional, e a possibilidade de acesso a essa técnica no Centro de Pesquisas

Renato Archer – CenPRA/SP<sup>89</sup>, que é uma instituição do Ministério da Ciência e Tecnologia. O material utilizado no protótipo do compressor foi de 100% poliamida.



Figura 27 – Compressor prototipado  
Fonte: Elaborado pelo autor.

A prototipagem realizada foi extremamente importante, pois através dessa técnica a análise do Design e das características de montagem e desmontagem, foram avaliadas fisicamente, e demonstraram ser eficientes e coerentes com os requisitos do projeto proposto no que tange a redução do volume de materiais, união de funções e utilização de elementos de junção de fácil desmontagem.

### 3.3 ESTUDO DE CASO 3

O aumento na produção de bens de consumo e a redução de seu ciclo de vida geram vultuosa quantidade de resíduos sólidos em nosso planeta. Uma alternativa para minimizar este impacto ambiental, é empregar elementos de junção que facilitem a desmontagem do produto ao final de sua vida útil, proporcionando a reutilização e/ou reciclagem de seus materiais. Esse estudo de caso teve como objetivo, classificar os elementos de junção que facilitam e/ou dificultam a desmontagem dos produtos.

Os resultados foram compilados em um CD-ROM, para ser utilizado como uma ferramenta de auxílio ao projeto mais sustentável, buscando o equilíbrio entre o crescimento tecnológico e a preservação do ambiente.

O cenário tecnológico atual está agindo de forma direta na degradação ambiental. Segundo Kindlein et al.<sup>16</sup>, encontramos-nos numa situação em que a sustentabilidade de nossas vidas está diretamente relacionada com a preservação do ecossistema. É cada vez mais

necessário criar soluções e tomar medidas preventivas para minimizar este problema. Uma medida viável é o reaproveitamento dos diferentes materiais utilizados na composição de um produto. Roosemberg<sup>90</sup> indica em sua metodologia de desenvolvimento de produtos o uso dos 3R's, reutilizar, reduzir e reciclar, partes ou todo o produto antes do seu descarte final. Para isto, é necessário que a desmontagem dos produtos seja prevista desde a fase inicial do projeto.

A preocupação com o fim da vida útil confere ao produto um maior valor agregado, sempre que a eficiência, no uso da energia, dos materiais, na produtividade, na reciclagem e no uso do produto é planejado, e tende com isso a gerar vantagens competitivas e benefícios econômicos, como sugere Lowe<sup>91</sup>. Lennart e Kevin<sup>17</sup> afirmam que uma forma de vida o mais correta ambientalmente é cada vez mais necessária e imprescindível para a sobrevivência do ser humano. Porém, a falta de informação sobre o assunto, juntamente com a escassez de material de pesquisa disponível, dificulta o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos e economicamente viáveis.

Neste sentido, foram pesquisados os principais elementos de junção presente nos produtos descartados em quatro Centros de Triagem da região metropolitana de Porto Alegre e Região do Vale dos Sinos/RS, onde, inicialmente foram coletados diversos produtos, desde aparelhos de barbear, telefones, computadores, etc, tendo sido desmontados no LdSM um total de 38 equipamentos.

O trabalho desenvolvido atualmente pelos Centros de Triagem é direcionado para a reciclagem de produtos de baixo valor agregado, ou seja, o trabalho é focado no volume de material selecionado e não em materiais mais nobres como cobre, aço ou plástico de engenharia.

Assim, produtos como frascos de xampu ou de refrigerante tem uma grande preferência nesse processo. Esse fato foi observado na pesquisa, e conclui-se que a facilidade de separação das partes como tampa, rótulo e corpo, é rápido e não requerer nenhum tipo de ferramenta especial. Ao contrario, produtos como liquidificadores, batedeiras, teclados, vídeos-cassete, etc, tem um tempo de desmontagem muito longo e requerem ferramentas para sua desmontagem, tornando essa prática menos atrativa financeiramente para o reciclador destes centros. Na Figura 28(A), (B), (C) e (D), é possível observar alguns exemplos de produtos encontrados nestes Centros de Triagem. No Quadro 11, é denominada a localização destes centros.



Figura 28 – Exemplos de produtos descartados nos Centros de Triagem  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 11 – Denominação dos Centros de Triagem avaliados.

<b>Figura</b>	<b>Centro de Triagem</b>	<b>Local</b>
A	Bairro Guajuviras	Canoas / RS
B	Vila Pinto	Porto Alegre / RS
C	Mathias Velho	Canoas / RS
D	Dois Irmãos	Dois Irmãos / RS

Para o desenvolvimento desse estudo, foi elaborado o procedimento descrito na Figura 29, que mostra as etapas para análise dos elementos de junção, oriundos dos produtos desmontados no LdSM.

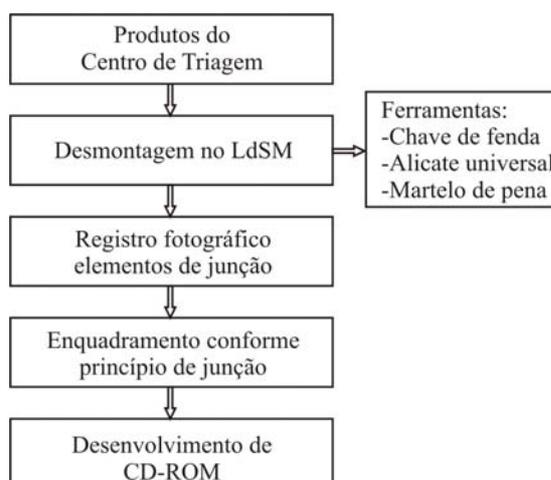


Figura 29 – Processo de avaliação dos elementos de junção  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 29, no quadro de registro fotográfico, o foco principal foi o de registrar os elementos de junção, e a dificuldade de desmontagem dos componentes.

Para uma maior aproximação, com a realidade dos Centros de Triage, foram utilizadas, para desmontagem dos produtos, os mesmos tipos de ferramentas encontradas nesses centros, como chave de fenda, alicate universal e martelo de pena.

Durante os devidos desmontes, foram analisadas as dificuldades ou facilidades deste processo, focando na identificação dos elementos de junção. Assim, esses elementos foram desmontados utilizando-se somente as ferramentas descritas anteriormente. Esses elementos foram classificados dentro de uma das treze categorias que englobam os princípios de junção<sup>13</sup>, conforme denominação descrita na Figura 30.



Figura 30 - Princípios de junção  
Fonte: Adaptado de Kindlein et al.<sup>13</sup>.

Existem inúmeros sistemas ou componentes de junção aplicado no desenvolvimento de um produto. Outros tantos são elementos de junção específicos para aplicações especiais, como máquinas e equipamentos de pequeno, médio e grande porte.

Mesmo esses elementos especiais devem ser enquadrados em algum princípio descrito na Figura 30. Essa prática tende a criar uma sistemática de projeto que, no futuro, pode vir a tornar-se uma referência projetual. Assim, procura-se facilitar o entendimento de qual elemento utilizar, e qual deverá proporcionar um menor trabalho durante o processo de desmontagem dos componentes, visando sua re-utilização, e/ou reciclagem.

A Figura 31 mostra um produto desmontado no LdSM, que é composto por mais de 500 componentes, sem contar os itens das placas e circuitos eletrônicos. Nesse produto, ficou evidente a dificuldade de desmontagem e o grande impacto que esses elementos trarão no futuro, quando começarem a serem descartados pela sociedade. A Figura 31 é ordenada da letra A até a letra T. No Quadro 12, é descrito cada sub-quadro desta figura.

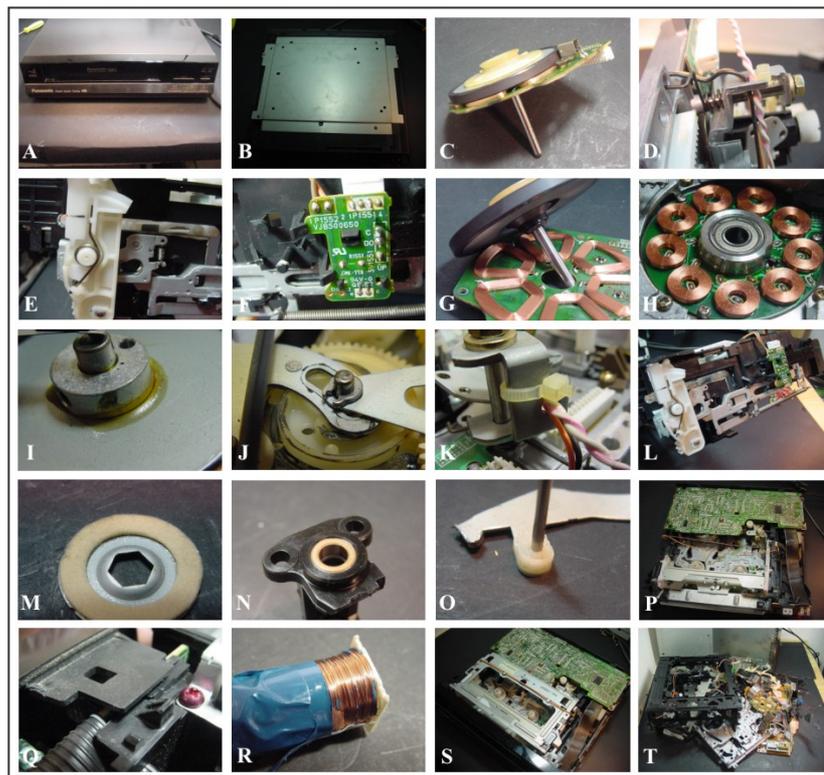


Figura 31 – Componentes parciais de um vídeo cassette  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 12 – Descrição dos componentes do vídeo cassete.

<b>Figura</b>	<b>Descrição</b>
A	Parte frontal do equipamento
B	Chapa de proteção inferior
C	Rotor
D	Fixação da fiação
E	Fixação de eixos
F	Placa eletrônica
G	Rotor principal
H	Rotor principal
I	Disco do rotor
J	Engrenagens
K	Acionadores
L	Acionadores
M	Rotor de ajuste
N	Bucha guia
O	Braço guia
P	Circuito principal
Q	Sistema Snap-fit
R	Bobina
S	Circuito principal
T	Produto desmontado

Ao avaliar visualmente a Figura 31(G), (H), e (R), observa-se a fiação em cobre utilizada no rotor principal. Esse material tem um alto valor de mercado, porém, devido a dificuldade de desmontagem, sua extração do produto fica inviável. A Figura 31(T) mostra o resultado final da desmontagem do vídeo cassete.

Como dado preocupante, fica a informação descrita, segundo Marins<sup>92</sup>, que somente no ano de 2002 foram produzidos no Brasil 540 mil aparelhos de vídeo-cassete, e que 78,3% das residências no interior de São Paulo tem vídeo-cassete. Ao verificar esses números, fica claro o grande problema que iremos enfrentar no futuro, quando esses equipamentos começarem a ser descartados sem a devida desmontagem e separação de seus componentes, ainda mais se considerarmos que esse produto começou a ser fabricado no Brasil em 1982.<sup>92</sup>

Em contra partida ao produto visualizado na Figura 31, é possível observar na figura 32 uma chave desmontada no LdSM, utilizada para ligar e desligar as sinaleiras e os faróis de automóveis e que aplica alguns conceitos de Ecodesign, especificamente quanto à desmontagem do produto. Basicamente o sistema utilizado é o *snap-fit*<sup>93</sup>, que é considerado, atualmente, como um dos mais eficientes sistemas de fixação e que tem foco na facilidade de montagem e desmontagem do produto. Essa chave requer ferramentas simples para desmontagem como, por exemplo, chaves de fenda. A Figura 32 é dividida em sub-quadros que vão desde a letra A até a letra H, e no Quadro 13 é descrito cada quadro dessa figura.

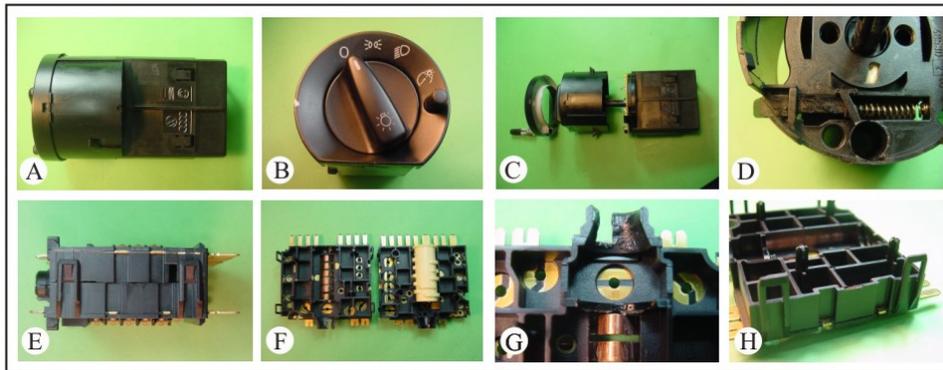


Figura 32 - Componentes parciais de uma chave liga/desliga  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 13 – Descrição dos componentes da chave liga/desliga.

Figura	Descrição
A	Vista lateral - Produto montado
B	Vista frontal
C	Desmontagem parcial
D	<i>Snap-fit</i> com mola
E	Carretel de contato
F	Carretel aberto
G	Contatos elétricos
H	<i>Snap-fit</i> e contato elétrico

Ao avaliar esse produto, fica clara a aplicação de sistemas que facilitam a montagem e a desmontagem dos componentes, porém os contatos elétricos, Figura 32(F), (G) e (H), são injetados diretamente no suporte em plástico, ou seja, o processo de separação desses materiais fica altamente dificultado. Assim, são necessários processos especiais que possibilitem essa separação.<sup>94</sup> Mas o que vale salientar, nesse exemplo, é que a busca pelo projeto totalmente correto ambientalmente é contínuo, e que todas as pesquisas nessa área são de fundamental importância para que esse objetivo seja alcançado.

### 3.3.1 Desenvolvimento do CD-ROM

A partir das informações coletadas e catalogadas dos elementos de junção analisados, foi desenvolvida uma mídia que facilita-se o acesso a esses dados, visando sua aplicação no desenvolvimento de novos produtos. Assim, foi elaborado um CD-ROM, onde foram compiladas todas essas informações. Para facilitar o acesso as informações do CD-ROM,

foram criadas cinco diferentes sessões visando propiciar uma maneira dinâmica e acessível dos conteúdos que constituem a mídia. A organização dessas informações pode ser observada no rodapé inferior da Figura 33, e através das sessões 1, 2, 3, 4 e 5, descritas posteriormente.

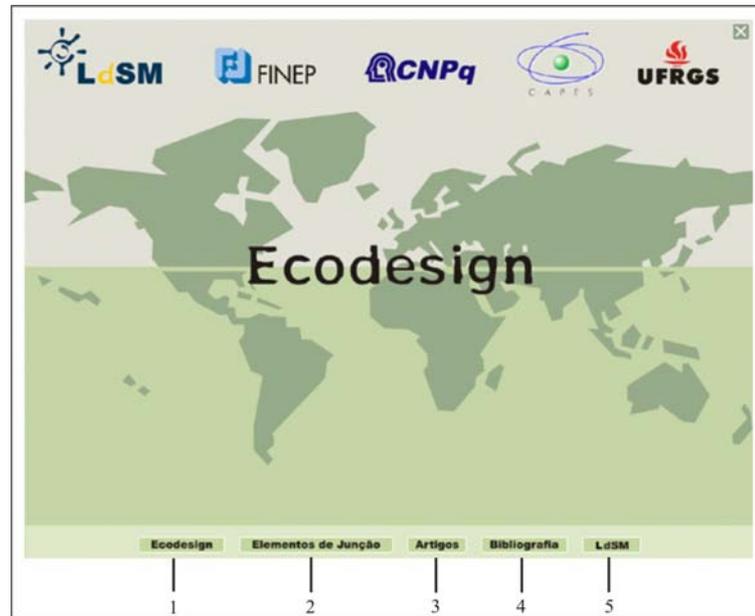


Figura 33 - Tela inicial do CD-ROM

Fonte: Silva et al.<sup>97</sup>.

### 3.3.1.1 Sessão 1 - Ecodesign

A primeira sessão introduz de maneira didática, os conceitos básicos do Ecodesign, e apresenta as etapas que compõem essa metodologia.<sup>14</sup> A Figura 34 apresenta o *lay-out*, onde é possível o acesso a essas informações.



Figura 34 - Primeira sessão do CD-ROM - aspectos teóricos do Ecodesign  
 Fonte: Silva et al <sup>97</sup>.

### 3.3.1.2 Sessão 2 - Elementos de Junção

Nessa sessão, são apresentados os principais elementos de junção desmontados e analisados no LdSM. A classificação dos elementos foi disposta em forma de lista, de acordo com a facilidade ou dificuldade identificada durante a desmontagem das peças. Assim, os elementos são dispostos em duas colunas principais, onde na coluna verde encontram-se os elementos de junção que possibilitam a separação dos componentes, visando sua posterior reutilização e/ou reciclagem, e na coluna vermelha encontram-se os elementos de junção que dificultam ou inviabilizam a separação dos componentes. A Figura 35 mostra o conceito da lista verde e vermelha.



Figura 35 - Lista verde e lista vermelha de classificação dos elementos  
Fonte: Silva et al <sup>97</sup>.

A lista verde e vermelha, descrita na Figura 35, foi redesenhada e implementada no CD-ROM. Assim, ao navegar pela sessão 2, é possível acessar cada elemento de junção separadamente, observar os casos em que ele é indicado, ou em que ele não é aconselhado, seguindo os princípios do Ecodesign.

Para facilitar a análise entre os elementos de junção, foi criada uma sub-sessão onde é possível comparar esses elementos. Ao observar dois elementos simultaneamente, fica facilitada a comparação entre esses elementos e a escolha de qual, adapta-se melhor ao produto a ser desenvolvido. O usuário pode escolher comparar somente entre lista verde ou vermelha, e também cruzar informações entre diferentes listas. A Figura 36 mostra o *lay-out* dessa sub-sessão.



Figura 36 - Comparação entre diferentes elementos de junção  
Fonte: Silva et al<sup>97</sup>.

### 3.3.1.3 Sessão 3 - Artigos

Nessa sessão é apresentada uma seleção de artigos científicos, pertinentes ao tema Ecodesign, produzidos no LdSM.

### 3.3.1.4 Sessão 4 – Bibliografia

Nessa sessão são listadas as referencias bibliográficas importantes sobre Ecodesign, sendo composta por livros, periódicos, teses e dissertações desenvolvidas no LdSM, e outros *links* relevantes ao tema.

### 3.3.1.5 Sessão 5 - LdSM

Nessa sessão são disponibilizadas informações referentes ao LdSM.

O CD-ROM proposto, é uma mídia que esta em constante atualização, tanto por questões da avaliação de novos elementos de junção, quanto da atualização de artigos desenvolvidos no LdSM referentes ao tema Ecodesign.

### 3.3.2 Capacitação no Centro de Triagem

Visando a capacitação dos recicladores dos Centros de Triagem pesquisados, foi realizada uma visita ao pavilhão de reciclagem Guajuviras, localizado em Canoas/RS, para demonstrar o que a indústria vem desenvolvendo, no sentido de reduzir a dificuldade de separação dos componentes de um produto. Para esse treinamento, foi convidado um Designer da empresa SANREMO/RS<sup>96</sup> que desenvolveu um produto com base nos conceitos do Ecodesign.

O foco desse treinamento era o de demonstrar como realizar a separação dos componentes do produto, denominado “pote para microondas”<sup>96</sup> e identificar, através das simbologias de reciclagem, os materiais compatíveis e incompatíveis.

O produto desenvolvido pela empresa foi pioneiro na concepção de componentes de fácil desmontagem, nessa linha de produto, pois, segundo a empresa, os produtos similares não possibilitam a separação das partes e, por isso, fica inviabilizada a reciclagem. A Figura 37 mostra o produto montado e os componentes desmontados, sendo que a desmontagem é totalmente manual, sem auxílio de nenhum tipo de ferramenta.

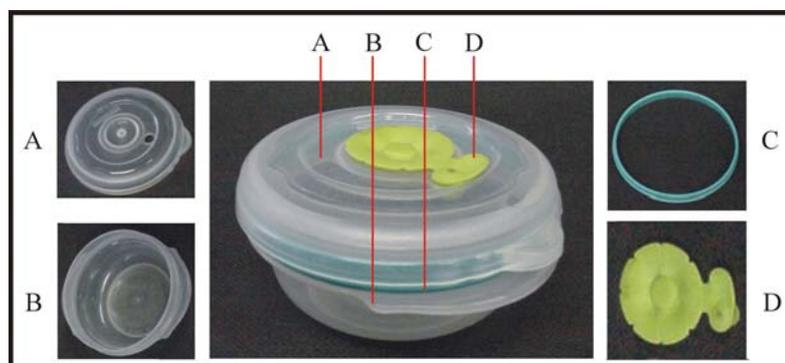


Figura 37 – Produto desenvolvido com conceito do Ecodesign  
Fonte: SANREMO<sup>96</sup>.

Para a fabricação do produto, são utilizados dois tipos de materiais: a tampa (peça A) e a base do produto (peça B) são fabricadas em polipropileno, e as vedações (peças C e D) são fabricadas em elastômero.

Esses materiais não podem ser reciclados em conjunto, pois são incompatíveis, mas, como a desmontagem é facilitada, a reciclagem dos dois tipos de materiais pode ser realizada separadamente. O princípio de junção, aplicado ao produto, pode ser classificado, segundo a Figura 30, como sendo por interferência, pois todos os componentes são montados por pressão.

O que ficou evidente nessa capacitação, no Centro de Triagem, e de que os recicladores estão abertos quanto à aprendizagem sobre desmontagem de produtos, pois isso pode gerar um aumento de renda. Mas, se o produto for composto por sistemas que dificultam essa desmontagem, o processo pode ficar comprometido.

Assim, diante dessa afirmação fica o desafio ao Designer, e de todos os que participam do processo criativo no desenvolvimento de produtos, de melhorar a qualidade de vida dos usuários, mas que também, atendam as questões ambientais em todos os seus aspectos.

## 4 ANALISE DOS RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo foram analisados os resultados obtidos em cada estudo de caso.

### 4.1 ANALISE DOS RESULTADOS – ESTUDO DE CASO 1

O estudo de caso apresentado proporciona uma alternativa de utilização de resíduos oriundos das sobras de produção da indústria. O material empregado em escala industrial é o mesmo utilizado para fabricação de calçados, bolsas, acessórios e no vestuário. A grande vantagem da aplicação do *hot melt*, para unir os retalhos de couro, é a de que não existe a necessidade do recorte dos retalhos, reduzindo, assim, o tempo despendido no processo de costura das sobras, pois, os mesmos, podem ser dispostos aleatoriamente na montagem do sanduíche.

É possível também dar uma aparência diferenciada ao material através dos tecidos de cobertura, que podem ser das mais diversas cores e padronagens. O *hot melt* é reciclável e atóxico e pode ser aplicado na quantidade necessária à operação, devido a sua forma 100% sólida, ao contrario dos adesivos tradicionais, líquidos, que geram desperdício na aplicação e tem a sua formulação à base de solventes.

Assim sendo, este trabalho orienta o Designer no desenvolvimento de novos produtos de maneira a reduzir o impacto ambiental e apresenta, para isso, uma proposta de processos de fabricação para reaproveitamento de sobras de material. Cabe aqui salientar que a produção de couro bovino no Brasil vem aumentando significativamente nos últimos anos, tendo o Brasil um dos maiores rebanhos bovinos do mundo.<sup>95</sup> Assim, soluções que venham a reduzir o impacto ambiental gerado por esses resíduos, oriundos de produtos, são urgentes e de suma importância.

O resultado obtido nesse estudo de caso aponta para uma solução viável economicamente e ecologicamente, utilizando-se, para isso, processos de fabricação com equipamentos, como prensas térmicas, utilizadas em toda a indústria do couro, como calçados, equipamentos de segurança e afins. Esse fato amplia o leque de possíveis usuários

de tais técnicas e, conseqüentemente, a possibilidade da redução do impacto ao ambiente gerado por esses materiais.

Neste sentido, o trabalho demonstra, através do estudo de caso, que estas soluções são possíveis de serem desenvolvidas e aplicadas não somente ao couro, mas a outros materiais como, por exemplo, os tecidos. O custo desse processo pode ser diluído, partindo-se do princípio de que, conforme Lemos e Nascimento<sup>34</sup>, 53% de entrevistados, em 22 países, disseram estar dispostos a pagar um preço maior por um produto, desde que percebam a intenção de proteção ao meio ambiente pelas empresas produtoras. Pode-se dizer também que, segundo Branco<sup>48</sup>, dentre os critérios de avaliação de produtos, com foco no Ecodesign, está a aplicação de metodologias compatíveis com os requisitos finais de sustentabilidade do produto e que priorizem a utilização de tecnologias e materiais acessíveis, segundo o qual o trabalho esta inserido.

#### 4.2 ANALISE DOS RESULTADOS – ESTUDO DE CASO 2

A técnica do Ecodesign possibilita que Engenheiros, Designers e outros projetistas possam projetar ou re-desenhar, considerando as questões ambientais, em seu todo, o ciclo de projeto do produto. O Ecodesign foi empregado como sendo fundamental na melhoria de processos e no desenvolvimento de componentes, onde os sistemas de junção práticos e eficientes ganham um enfoque de inovação, pois deixa de empregar sistemas convencionais tais como, parafusos, porcas, colagens, etc, propiciando a desmontagem do produto sem a necessidade de utilizar ferramentas como chaves de fenda ou alicates.

O que deve ser considerado, para que isso ocorra, é uma análise crítica de cada produto, montando estratégias e traçando caminhos viáveis a sua aplicação, evitando que tomadas de decisões equivocadas venham a desestimular essa prática de responsabilidade ambiental com desenvolvimento sustentável. Esse trabalho demonstra a possibilidade de balancear o desenvolvimento sustentável com os interesses econômicos no desenvolvimento de um produto.

Conforme Branco<sup>48</sup>, dentre os critérios de avaliação de produtos, com foco no Ecodesign, está a aplicação de metodologias de projeto que facilitem a desmontagem dos

produtos. Esses critérios vêm ao encontro da proposta deste estudo de caso, que visa à facilidade de desmontagem, para a posterior re-utilização dos componentes ou dos materiais.

Essa facilidade pode ser aplicada também a componentes eletro/eletrônicos dos equipamentos que, segundo Veit<sup>94</sup>, é um dos grandes problemas encontrados nessa área específica de produtos. Outro fato importante, que o trabalho avaliou, é de que, se a desmontagem do produto e seus componentes for eficiente, será possível a utilização de diferentes materiais em um único produto que, segundo Lennart<sup>25</sup>, é uma prática cada vez mais utilizada devido à diversidade de materiais existentes e que tendem a surgir.

Assim sendo, esse trabalho busca ser balizador para futuros trabalhos tanto no campo acadêmico como no meio industrial, que visem alcançar a sustentabilidade dos produtos e processos de fabricação. Mas, para que isso ocorra, é primordial que haja um maior envolvimento dos profissionais da área do desenvolvimento, dando ênfase a uma eficiente desmontagem dos componentes, sem esquecer a segurança e a funcionalidade do produto.

#### 4.3 ANALISE DOS RESULTADOS – ESTUDO DE CASO 3

O trabalho desenvolvido tem como objetivo, auxiliar Engenheiros, Designer e outros projetistas no que diz respeito às formas de união e desunião das partes de um produto, pensando inicialmente nos princípios de junção que o compõe.

Assim, a compilação desses princípios em forma de um CD-ROM, torna essa prática acessível e coletiva em todas as esferas criativas. Espera-se também, através desta abordagem, permitir a organização dos princípios de junção, visando a classificação dos métodos de união, tornando-os uma ferramenta de análise para os Designers no desenvolvimento dos sistemas e subsistemas que compõe um produto industrial.

O trabalho sugere duas principais estratégias de ação para que essa abordagem tenha sucesso: a primeira abordagem é a responsabilidade direta do Designer que deve atuar com uma preocupação ambiental, promovendo a interligação entre os demais setores envolvidos no desenvolvimento de produtos. Essa preocupação deve ser focada na melhoria da desmontagem dos produtos, na redução de resíduos, na minimização do número de materiais incompatíveis empregados, na redução do volume de matéria prima utilizada, na redução dos recursos naturais e energia envolvidos no processo de fabricação e uso do produto. Mas, para

que isso ocorra, é necessário que seja desenvolvido e praticado o comprometimento ambiental, desde a concepção até o fim do Ciclo de Vida do Produto, e que isso seja disseminado por todas as esferas do desenvolvimento. A segunda abordagem é a capacitação de profissionais que trabalham na triagem de resíduos em Centros de Triagem, no que diz respeito ao uso de ferramentas como, chaves de fenda, alicates, etc, e também na classificação dos materiais através das simbologias de reciclagem utilizadas atualmente. Essa capacitação poderia ser feita pela própria indústria, como o exemplo descrito da indústria SANREMO.<sup>96</sup>

A primeira abordagem, pensada em conjunto entre Engenheiros e Designers, segundo Manzini e Vezzoli<sup>19</sup>, tende a gerar produtos com maior eficácia ambiental. Como exemplo da importância da preocupação com os materiais, Amaral<sup>38</sup>, diz que, a redução da extração de matéria prima na fonte minimizaria o impacto ambiental nessa etapa do processo.

Neste sentido, o trabalho desenvolvido, vem ao encontro dessa afirmação, porque, ao possibilitar a facilidade de desmontagem do produto, e posteriormente aumentar a utilização de materiais reciclados, certamente ocorreria um incentivo à redução da extração de matéria prima necessária a fabricação de novos produtos.

## 5 CONCLUSÕES

A Seleção dos Materiais para os produtos industriais cresce em complexidade cada vez que surgem no mercado novas opções resultantes de combinações de diversos elementos, como tratamentos térmicos, químicos, superficiais, cargas, reforços, etc.

Dentre essas inúmeras informações técnicas, a Seleção dos Materiais, visando à redução do impacto ambiental, passou a ser uma das etapas mais complexas do processo de desenvolvimento de produtos, pois, em vários casos, o desenvolvimento de um novo material não leva em consideração sua reutilização ou reciclagem e, em raras vezes, são desenvolvidas soluções que consideram esses fatores. Apropriar-se, neste momento, do movimento global que tende a buscar, desenvolver e aplicar uma nova forma de manufatura, de uma maneira ecologicamente consciente, é uma estratégia inteligente e necessária que deve ser almejada por todos os envolvidos.

Porém, o conceito de Ecodesign, quando aplicado a Materiais e Produtos, é muito mais que uma simples variável de projeto e torna-se um novo estilo de projeto com consciência global e que, muitas vezes, é dificultado pela falta de informações ou por desconhecimento dessa metodologia.

Profissionais de Engenharia e Design devem ser os principais condutores da mudança em curso e da quebra do paradigma da extração de recursos naturais a qualquer preço e serem balizadores para um outro processo mais evoluído e sustentável, onde os materiais têm uma importância estratégica primordial, desde o projeto até o desenvolvimento de soluções para o reaproveitamento de materiais.

No primeiro estudo de caso, é demonstrado como a reutilização dos materiais é possível e de que não é preciso estocar por vários anos materiais poluidores que geram um alto investimento da sociedade e degradam o ambiente, mas quando são desenvolvidos processos viáveis de reutilização desses materiais e que esteja ao alcance de vários utilizadores, esse problema pode ser reduzido ou eliminado. Uma questão que fica evidente, ao analisar os estudos de caso descritos, é de que todos os esforços devem ser concentrados no sentido da não geração de resíduos, esforços esses que vão desde a extração da matéria-prima, processos de transformação e fabricação final.

Mas, se esse fato não for possível de ser realizado, deve-se pensar em soluções para redução do impacto ambiental ainda nos estudos sobre qual material aplicar no produto e

como reutilizá-los. Pensando assim, é necessária uma ampla visão não somente dos processos de produção e materiais, mas também dos processos de reciclagem disponíveis, enquadrando cada material ao seu respectivo processo de reaproveitamento.

Neste sentido, o segundo estudo de caso demonstra que os impactos ambientais podem ser reduzidos ainda no projeto do produto, basta, para isso, que exista uma consciência projetual que leve as questões do Ecodesign e da correta Seleção de Materiais em consideração nessa fase. É certo afirmar que existe um grande número de materiais disponíveis no mercado e não utilizá-los, devido ao impacto ambiental, poderia ser um grande equívoco.

Um dos resultados encontrados com base nos dois primeiros estudos de caso, é de que esses materiais podem ter seu impacto ambiental reduzido, desde que existam formas eficientes de desmontagem dos produtos, visando sua posterior reutilização das partes ou do todo. Esse é um trabalho árduo, no qual o Engenheiro de Materiais e o Designer devem se empenhar ao máximo para alcançar e, neste sentido, os elementos de junção eficientes podem auxiliar no desenvolvimento de produtos que sejam menos complicados de serem desmembrados e reciclados.

Assim sendo, o terceiro e último estudo de caso, vem ao encontro dessa forma de projetar com foco na separação dos componentes de um produto, sendo que esse trabalho visa orientar o Designer na busca por soluções em projeto que propiciem uma melhora na reciclagem dos produtos tanto na manutenção em vida útil como em seu fim do Ciclo de Vida.

Neste sentido, os estudos de caso descritos vêm nortear tanto Engenheiros, Designers e outros projetistas no caminho de um processo de desenvolvimento de produtos com compromisso ambiental, onde os materiais têm um papel primordial para que esse objetivo seja alcançado.

Os estudos de caso 1, 2 e 3 foram publicados em formato de artigos, ver Apêndice 1, 2 e 3, e estão classificados segundo o QUALIS/CAPES<sup>79</sup>, que é o resultado do processo de classificação dos veículos utilizados pelos programas de pós-graduação para a divulgação da produção intelectual de seus docentes e alunos. O Quadro 14 mostra a classificação e título da revista onde foram publicados os estudos de caso apresentados neste trabalho.

Quadro 14 – Classificação da revista segundo o QUALIS/CAPES. Fonte: CAPES<sup>79</sup>

Estudo de Caso	ISSN	Título	Qualidade	Circulação	Area de Avaliação
1	0959 6526	Journal of Cleaner Production	A	Internacional	Engenharias II e *Design
2	0959 6526	Journal of Cleaner Production	A	Internacional	Engenharias II e *Design
3	0104 4249	Revista Estudos em Design	A	Nacional	Engenharias III e *Design

\*A classificação da revista para o Design, é balizada através de áreas consolidadas como da Engenharia, ao nível de publicação nacional e internacional.

## 5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- a) Desenvolvimento de elementos de junção, através da Biônica, que facilitem a desmontagem de novos produtos em Centros de Triagem, desenvolvendo um banco de dados sobre esses elementos;
- b) Avaliar a aplicação do *hot melt* em conjunto com outros materiais, verificando sua reativação conforme características técnicas e operacionais do produto;
- c) Avaliar os tipos de materiais descartados pela indústria, visando sua aplicação no terceiro setor, como no artesanato, tendo, como foco, a diminuição do impacto ambiental;
- d) Desenvolver um banco de informações sobre materiais e seus respectivos processos de reciclagem, avaliando os processos atuais de separação dos materiais e, se necessário, propor novos processos mecânicos, físicos ou químicos de reciclagem.

## REFERÊNCIAS

1. KINDLEIN JUNIOR, Wilson. CÂNDIDO, Luis Henrique A.; O ecodesign e o redesign de produtos. **Revista ABC Design**, Curitiba, ed. 15, p. 26-27, 2005.
2. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; NGASSA, Armand. Conception de produits innovants: proposition d'une méthode pour favoriser la synergie entre le Designer et l'ingénieur. **International Journal of Design and Innovation Research**, França, 2005.
3. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; ARMAND, Ngassa; DESHAYES, Phillipe. Eco conception et developpement: Intelligence pour la planète et nouvelles intelligence methodologique. In: ECOLE CENTRALE DE PARIS (Org.). **Intelligence et innovation en conception de produits et services**. Paris: L'Harmattan, 2006. p. 359-382.
4. BITENCOURT, Antônio Carlos P. **Desenvolvimento de uma metodologia de reprojeto de produto para o meio ambiente**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
5. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; ETCHEPARE, Hélio; TURRA, Dilce. Caracterização e viabilidade de reciclagem dos materiais nos Centros de triagem de Porto Alegre e região metropolitana. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 1., 2002, Campinas. **Anais...** São Paulo, 2002. CD-ROM.
6. SANTOS, Petras Amaral. **Inovação sustentável: o ecodesign aplicado ao projeto de novos produtos**. Porto Alegre: UCS, 2001.
7. SCHWALB, Carlos Leandro A. **Materiais alternativos para inovação tecnológica em sala de aula**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
8. ASHBY, M. F. et al. Selection strategies for materials and processes. **Materials & Design**, Surrey, v. 25, n. 1, p. 51-67, 2004.
9. BOVEA, Maria D.; ROSARIO, Vidal. Materials selection for sustainable product design: a case study of wood based furniture eco-Design. **Materials & Design**, Surrey, v. 25, n. 2, p. 111-116, 2004.

10. LEIGH, Holloway U. Materials selection for optimal environmental impact in mechanical Design. **Materials & Design**, Surrey, v. 19, n. 4, p. 133-143, 1998.
11. CAMPUSPLASTIC. Disponível em: <<http://www.campusplastic.com>>. Acesso em: fev. 2007.
12. WATERMAN, N. A.; ASHBY, M. F. **CRC**: Elsevier Materials Selector. Oxford: CRC, 1991. v. 1.
13. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson et al. Princípios básicos de junção utilizados em sistemas e subsistemas de produtos industriais e sua importância no desenvolvimento sustentável. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 1., 2002, Campinas. **Anais**. SÃO PAULO, 2002. CD-ROM.
14. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; CÂNDIDO, Luis Henrique; PLATCHECK, Elizabeth. Analogia entre as metodologias de desenvolvimento de produtos atuais, com a proposta de uma metodologia com ênfase no ecodesign. Congresso Internacional de Pesquisa em Design, outubro, Rio de Janeiro. 2003. **Anais**. Rio de Janeiro: ANPED, 2003. CD-ROM.
15. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson et al. Implementação do ecodesign na Incubadora Tecnológica de Design (CIEN TEC/NdSM). In: P & D DESIGN 2002, 2002, Brasília. **Anais**. Rio de Janeiro: AEND BR, 2002. 1 CD-ROM.
16. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson et al. Proposta de uma metodologia para o desenvolvimento de produtos baseados no estudo da biônica. In: P & D DESIGN 2002, 2002, Brasília. **Anais**. Rio de Janeiro: AEND BR, 2002. 1 CD-ROM.
17. LENNART, Y. Ljungberg; KEVIN, L. Edwards. Design, materials selection and marketing of successful products. **Materials & Design**, Surrey, v. 24, n. 7, p. 519-529, 2003.
18. MALDONADO, Tomás. **Design industrial**. Portugal: Ed. 70, 1991.
19. MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 1. ed. São Paulo, SP: Ed. da USP, 2005.
20. AMARAL, Everton; HEIDRICH, Regina; KINDLEIN JÚNIOR, Wilson. Reflexões sobre técnicas e materiais para agilizar a representação de design de produto: concepção x exequibilidade. In: P & D DESIGN 2002, 2002, Brasília. **Anais**. Rio de Janeiro: AEND BR, 2002. 1 CD-ROM.

21. ASSUNÇÃO, Braga de. **Eco-design e seleção de materiais para mobiliário urbano**. Ouro Preto: UEMG, 2000.
22. BAXTER, Mike. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
23. LESKO, Jim. **Industrial design**: materials and manufacturing. New York: John Wiley & Sons, 1999.
24. A IMPORTÂNCIA do design para sua empresa. Brasília: CNI, 1998.
25. LENNART, Y. Ljungberg. Materials selection and design for development of sustainable products. **Materials & Design**, Surrey, v. 28, n. 2, p. 466-479, 2007.
26. MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
27. CAEIRO, Mário. **A alma do design**: artesanato e design, estranho, fronteiras do design. Lisboa: IPL's Scientific Production, 2003. Centro Português de Design. Cadernos.
28. ANINK, David; BOONSTRA, Chiel. **Handbook of sustainable building**: an environmental preference method for selection of materials for use... London: James & James, 1998.
29. AMARAL, Everton; SEADI, Andréa; KINDLEIN JÚNIOR, Wilson. Sistemas de fixação baseados na biônica e no design de produto: estudo do caso velcro a partir do fruto do carrapicho. **Revista Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 20-28, 2002.
30. BYARS, Mel. **50 products**: innovations in design and materials. Switzerland: Rotovision, 1998. (ProDesign)
31. ESCOREL, Ana Luisa. **O efeito multiplicador do design**. 2. ed. São Paulo: SENAC, 1999.
32. FERROLI, Paulo Cesar Machado. **Maem-6f (Método Auxiliar Para Escolha de Materiais em Seis Fatores)**: suporte ao design de produtos industriais. Tese (Doutorado em Engenharia da produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2004.

33. LÖBACH, Bernd. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
34. LEMOS, Ângela Denise; NASCIMENTO, Luis Felipe. A produção limpa como geradora de inovação e competitividade. Porto Alegre: UFRGS/PPGA/NITEC, 2000.
35. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson. Uso de fibras naturais na confecção de materiais biocompatíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DESIGN, 1., 1994, São Paulo. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 33-39, 1994.
36. OKUDANA, Gul E.; ZAPPEB, Sarah E. Teaching product design to non-engineers: a review of experience, opportunities and problems. **Technovation**, cidade, v. 26, n. 11, p. 1287-1293, 2006.
37. TURRA, Dilce; KINDLEIN, Wilson Jr.; ETCHEPARE, Hélio. Caracterização e viabilidade de reciclagem dos materiais nos centros de triagem de Porto Alegre e região metropolitana. In: ENCONTRO DA ANPPAS – Associação Nacional de Pósgraduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. **Anais**. Campinas, 2002. CD-ROM.
38. AMARAL, Everton. **Um sistema informacional e perceptivo de seleção de materiais com enfoque no design de calçados**. 2005. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia ênfase: Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
39. CALLISTER JUNIOR, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2004.
40. PADILHA, Angelo Fernando. **Materiais de engenharia-microestrutura e propriedades**. Curitiba: Hemus, 2000.
41. VAN VLACK, Lawrence H. **Princípios de ciências dos materiais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.
42. ANDREASEN, Myrup; KAHLER, S. **Design for assembly**. 2. ed. Bedford: IFS, 1988.
43. BROECK, Fabricio Vanden. **Biodiseño: una filosofía de proyectación**. [S.l.: s.n.], 1992.

44. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; AMARAL, Everton; SEADI, Andréa. Analogia entre a formiga (*Acromyrmex* sp.) e um calçado do tipo sandália. **Revista Estudos-Feevale**, Novo Hamburgo, v. 24, n. 2, p. 27-32, 2001.
45. ANNES, Jaqueline. Desenvolvimento de uma metodologia de manufatura consciente para micro, pequenas e médias empresas industriais. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia ênfase: Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas) - Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
46. FERRANTE, Maurizio. **Seleção de Materiais**. São Carlos: UFSCAR, 1996.
47. PLATCHECK, Elizabeth Regina et al. Methodology of Ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 75-86, 2006.
48. BRANCO, Alceu Castello. **Crítérios de avaliação de produtos sustentáveis – Ecodesign**. São Paulo: Centro de Gestão de Design da Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica (ABIPTI), 2003.
49. GUIDE to engineering materials: advanced materials & processes. [S.l.: s.n.], 2001.
50. MARQUES, André Canal. Análise de similares: desenvolvimento de uma metodologia de seleção de materiais e ecodesign. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
51. FEEVALE. Disponível em: <<http://www.feevale.br>>. Acesso em: abr. 2008.
52. BUDINSKI, Kenneth G.; BUDISNKI, Michael K. Engineering materials: properties and selection. 6. ed. New Jersey: Prentice- Hall, 1999.
53. CAMBRIDGE ENGINEERING SELECTOR. **CES - EDUPACK 2007**: software. Reino Unido: GrantaDesign, 2007.
54. DENG, Y. M.; EDWARDS, K. L. The role of materials identification and selection in engineering Design. **Materials & Design**, Surrey, v. 28, n. 1, p. 131-139, 2007.

55. KINDLEIN JUNIOR, Wilson; COLLET, Iara Barata; DISCHINGER, Maria do Carmo Torri. Development of tactile perceptive textures as factor of emotion Design. In: CONFERENCE ON DESIGN AND EMOTION, 2006, Göteborg-Sweden, 2006. **Anais**. CD-ROM
56. ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. The art of materials selection. **Materialtoday**, Oxford, p. 24-35, 2003.
57. SILVEIRA, Luiz Amaurety Silva da. **O ensino do design**. Porto Alegre: [s.n.], 1998.
58. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson et al. **Produtos: processos e materiais, uma interface amigável para o Design**. Porto Alegre: UFRGS/NdSM, 2001. 1 CD-ROM.
59. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson et al. Desenvolvimento de uma interface multimídia de fácil entendimento para o aprendizado dos processos produtivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. **Anais**. Curitiba, 2002. CD-ROM.
60. USER'S: Cambridge Engineering Selector. **CES - Edupack 2007 (software)**. Reino Unido: GrantaDesign, 2007.
61. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma ABNT ISO/TR 14062: Projeto de produto: considerações ambientais**. Rio de Janeiro, 2004.
62. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; AMARAL, Everton; ETCHEPARE, Hélio. Design x engenharia: experiência interdisciplinar de graduação. In: P & D DESIGN 2000, 2000, Novo Hamburgo. **Anais do P&D 2000**. local: editora, 2000. v. 1, p. 0423-0428.
63. FERRANTE, Maurizio. Seleção dos materiais de construção mecânica: estratégias e metodologia básica. In: SIMPÓSIO SOBRE MATERIAIS, 2000, Rio de Janeiro. **Anais**. CD-ROM. Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia de Materiais, UFSCAR, 2000.
64. ASHBY, Michael F.; JONES, David R. H. **Engineering materials 1 : an introduction to their properties and applications**. 2. ed. Oxford : Bitterworth Heinemann, 1996.
65. ASHBY, Michael F.; JONES, David R. H. **Engineering materials 2: an introduction to microstructures, processing & Design**. 2. ed. Oxford: Bitterworth Heinemann, 1998.

66. CIÊNCIA DOS MATERIAIS. Porto Alegre, 2007. material de aula do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM. UFRGS,
67. WROBLEWSKI, Andrzej Jan. **Materialtool**: a selection guide of materials and processes for Designers. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999. 1 CD-ROM.
68. MATERIALCONNEXION. Disponível em: <<http://www.materialconnexion.com>>. Acesso em: nov. 2006.
69. ETCHEPARE, Hélio; KINDLEIN JÚNIOR, Wilson. Implementação de uma Materioteca no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Tecnologia e Tendências**, Novo Hamburgo, ano 1, v. 1, p.65-71, 2002.
70. TAMBINI, Michael. **O design do século**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1999.
71. THE ELEMENTAL force in inorganics 30 years of quality manufacturing. Milwaukee: Cerac, 1995.
72. COINEAU, Yves; KRESLING, Biruta. **Le invenzioni della natura e la bionica**. Milano: Paoline, 1989.
73. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; MORELLI, Gaetano; MALDONADO, Ana Luisa. Uma ferramenta chamada design. **Logos**, Canoas, v. 4, n. 8, p. 25-30, 1996.
74. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; WOLFF, Fabiane. Design professionals, industries and university relationships: a brazilian experience. In: INTERNATIONAL FORUM ON DESIGN MANAGEMENT RESEARCH AND EDUCATION, 9., 1999, Nova York. **9ºIFDMRE**. CD-ROM.
75. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; HOEFELT, Hamilton. Experiência brasileira na criação e implantação de uma Incubadora Tecnológica de Design de Produto no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN - USERDESIGN, 2003, Lisboa. **UserDesign**. CD-ROM.
76. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson et al. Desenvolvimento de uma interface amigável via internet: materiais e processos de fabricação para o design de produto. In: P & D DESIGN 2002, 2002, Brasília. **Anais**. Rio de Janeiro: AEND BR, 2002. 1 CD-ROM.

77. KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; KUNZLER, Lizandra Stechman Quintana; CHYTRY, Sílvia. Relação das propriedades de condutividade térmica e dureza com a percepção tátil de alguns materiais utilizados em projeto de produto. In: P & D DESIGN 2002, 2002, Brasília. **Anais**. Rio de Janeiro: AEND BR, 2002. 1 CD-ROM.
78. DESIGNBRASIL. Disponível em: <<http://www.designbrasil.com.br>>. Acesso em: dez. 2008.
79. CAPES. Disponível em: <<http://qualis.capes.gov.br/webqualis/ConsultaPeriodicos.faces>>. Acesso em: abr. 2008.
80. TURRA Dilce, ETCHEPARE, Hélio, KINDLEIN JUNIOR, Wilson. **Caracterização e viabilidade de reciclagem dos materiais nos centros de triagem de Porto Alegre e região metropolitana**. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, NÚMERO, 1., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: ANPPAS, 2002.
81. SILVA, Fábio P. Minimização do impacto ambiental gerado pela produção de couro através do re-uso de aparas e recortes provenientes do setor coureiro calçadista. 2004. Dissertação (Mestrando em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
82. KAMPF, Atelene N. et al. Uso de resíduos de couro wet-blue como componente de substrato para plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, jan./fev. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782007000100015&lng=enprtg&nrm=iso&tlng=enprtg](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782007000100015&lng=enprtg&nrm=iso&tlng=enprtg)>. Acesso em: mar. 2008.
83. ESCOLA DE ENGENHARIA UFRGS. Disponível em: <<http://www.engenharia.ufrgs.br>>. Acesso em: jun. 2006
84. JGB. **Equipamentos de segurança e proteção individual**. São Jerônimo, [200-]. Disponível em: <<http://www.jgb.com.br>>. Acesso em: mar. 2005.
85. ARTECOLA. Disponível em: <<http://www.artecola.com.br>>. Acesso em: mar. 2006.
86. GUTTERRES, M. Alternativas para destinação do resíduo do rebaixamento do couro wet-blue. **Revista do Couro**, Estância Velha, v. 113, n. 22, p. 49-54, 1996.

87. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL. **Glossário de termos usados em atividades Agropecuárias, Florestais e Ciências e Ambientais**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[http://www.bnds.gov.br/conhecimento/livro\\_glossario/glossario.pdf](http://www.bnds.gov.br/conhecimento/livro_glossario/glossario.pdf)>. Acesso em: dez. 2006.
88. SNAP-FIT. Disponível em: <[http://www.basf.com/businesses/plasticportal/pp\\_techRes\\_tools\\_snapfit\\_en.html](http://www.basf.com/businesses/plasticportal/pp_techRes_tools_snapfit_en.html)>. Acesso em: dez. 2006.
89. CENTRO DE PESQUISAS RENATO ARCHER – CenPRA/SP. Disponível em: <<http://www.cenpra.gov.br/>>. Acesso em: dez. 2004.
90. ROOSEMBURG, N, Eekels N. **Product design: fundamentals and methods**. West Sussex, UK: Wiley; 1996.
91. LOWE, Ernest. Industrial ecology: a context for Design and decision. In: FIKSEL, Joseph. **Design for environment: creating eco-efficient products and processes**. New York: McGraw-Hill, 1996. cap. 25.
92. ANTHROPOS CONSULTING. Disponível em: <<http://www.anthropos.com.br/>>. Acesso em: out. 2006.
93. BONENBERGER, Paul. **The first snap-fit handbook; creating and managing attachments for plastic parts**. 2. ed. Ohio, USA: Hanser-Gardner, 2005.
94. VEIT, Hugo Marcelo. Recuperação de cobre de sucatas de placas de circuito impresso por processamento mecânico e eletrometalurgia. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
95. XAVIER, José Luis Neves. O uso de fotoeletrooxidação no tratamento de efluente de curtume. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
96. SANREMO. **Produto**: ref. 701/53. Porto Alegre, [200-]. Disponível em: <<http://www.sanremo.com.br/products>>. Acesso em: out. 2004.

97. SILVA, Fábio Pinto, LUZ Felipe, CÂNDIDO, Luis H. Alves, KINDLEIN JUNIOR, Wilson. Criação de uma Interface Multimídia Aplicada ao Estudo do Ecodesign. CD ROM Ecodesign: Elementos de Junção. **Revista Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 15, p. 79-96, 2008.

98. RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet, MONDARDO, Fábio Hauschild, ALVEZ, Janaína Hartz. Design Têxtil Suportado por Tecnologia de Filmes Termocolantes.  
<[http://www.nds.ufrgs.br/admin/documento/arquivos/design\\_textil\\_suportado\\_por\\_tecnologia\\_de\\_filmes\\_ter.pdf](http://www.nds.ufrgs.br/admin/documento/arquivos/design_textil_suportado_por_tecnologia_de_filmes_ter.pdf)>. Acesso em: set. 2008.

**APENDICE 1**

**Artigo 1 - Estudo de caso 1:** Proposal of wet blue leather remainder and synthetic fabrics reuse.

**Journal of Cleaner Production**



# Proposal of wet blue leather remainder and synthetic fabrics reuse

Wilson Kindlein Júnior\*, Luís Henrique Alves Cândido, Andréa Seadi Guanabara

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM/DEMAT/EE/UFRGS),  
Departamento de Materiais, Brazil*

Received 28 March 2007; received in revised form 17 September 2007; accepted 1 October 2007

## Abstract

This work presents the development of a leather remainder reuse process which consists of joining leather pieces into layers through the use of the hot melt technology. By using this process, it is possible to obtain some material which preserves the leather flexibility and strength properties. This innovative and incremental process aims at the remainder reuse which would normally be discarded. The great benefits of the hot melt applied to the leather remainders are as follows: skipping the barb cutting step, reducing time in the sewing process, and minimizing the impact on the environment.

© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

*Keywords:* Design; Hot melt; Leather; Reuse

## 1. Introduction

Population growth, technological development and the increasing demand for consumer goods have increased the amount of discarded products and, consequently, rapid environment degradation. Residues disposed into the air and located in inadequate areas without any treatment, affect the environment and the public health, pollute the ground water and attract many infectious animals like rats, birds and bugs, creating methane gas, which stimulates the acid rain and the greenhouse effect [1]. In this context, the wet blue leather production consumes a great amount of water and energy, uses toxic products for the finishing paintings such as chrome, organic solvents, emulsifiers with low biodegradability and pigments. Another large amount of residues, consisting of barbs, is generated by the leather goods production, resulting from the cuts in the final product manufacturing. Therefore, the improved leather reuse minimizes the impact created during this procedure [2]. The following process may be a viable solution for many countries

facing residue problems, as it can be applied to animal, naturally or artificially originated material. Besides, the hot melt polymer is used globally. This article describes the work developed by LdSM to reuse solid residues obtained from barbs of industrial product confection generated by a south Brazilian industry. This industry uses wet blue leather as the main raw material to manufacture security equipment.

### 1.1. The residue industry

The shoe and leather industry is one of the most important ones in Brazil. Only in Rio Grande do Sul (RS) state, it is estimated that around 112,000 jobs are related to this industry area, which has approximately 4000 factories all over the country, 80% of them located in RS, mainly in the Vale dos Sinos region. The numbers related to the industry production, and consequently leather residues, are high. Every year, 24 million bovine leathers are skinned and used in shoes, bags, accessories and clothes manufacture.

This shoe—leather sector of Rio Grande do Sul has approximately 130 leather processing industries. Due to industrial processes, a great amount of solid residues is produced and they can be untanned (chrome-free) or tanned (the presence of chrome is optional, according to the tannery process) [3].

\* Corresponding author. Fax: +55 51 3308 3349.

E-mail addresses: [kindlein@portoweb.com.br](mailto:kindlein@portoweb.com.br) (W. Kindlein Júnior), [pslhc@ibest.com.br](mailto:pslhc@ibest.com.br) (L.H.A. Cândido), [a\\_seadi@hotmail.com](mailto:a_seadi@hotmail.com) (A.S. Guanabara).

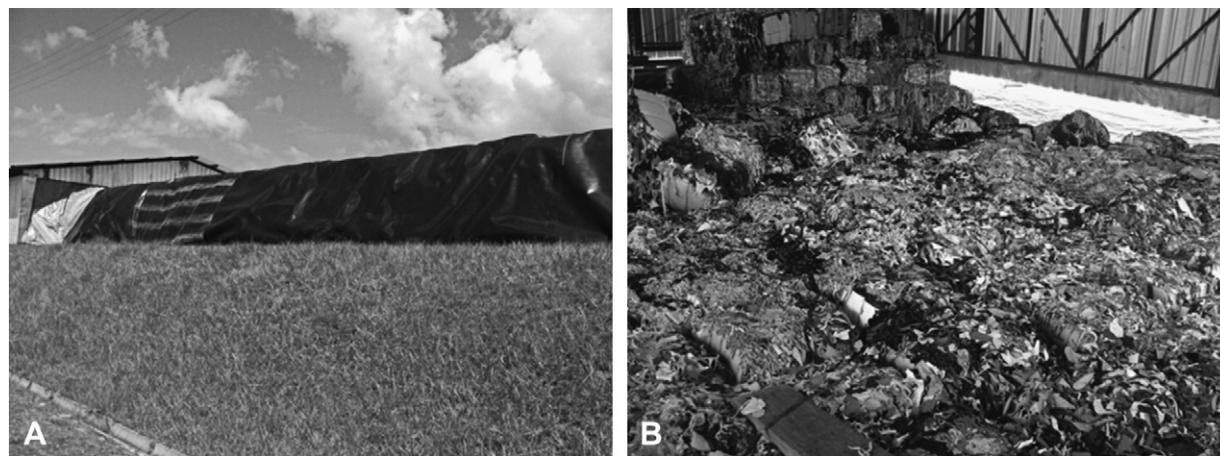


Fig. 1. Hazardous waste landfills (HWL) – RS/Brazil.

Currently in Rio Grande do Sul, the tannery residues are still being accumulated in waste landfills, clearly unsuitable as they are continuously lixiviated by rain, therefore, contaminating the ground water. Nowadays, there are more secure installations, the hazardous waste landfills (HWL), which protect the ground with impermeable plastic layers [4]. The cost of those deposits, reaching up to US\$ 5.00/m<sup>3</sup>, could be applied to the waste reuse for product manufacturing.

Fig. 1A and B present an HWL in the city of Três Coroas, Brazil. Frame A shows a deposit ditch with full capacity and frame B shows the wastes from another ditch in the wait to be covered by the plastic layer. These wastes can be reused by the application of this work proposal.

### 1.2. Leather remainders

The analyzed industry uses wet blue leather in the confection of leg protections, gloves, aprons, and other individual security products. Due to its irregular, reduced geometry, and after being cut, this material produces a residue denominated barb (useless discarded remainders). The barb is not of great use, being applied on small items such as glove thumbs. However, the demand for products made from them does not eliminate all the remainders generated every day. Due to this fact, the industry discards these barbs in a particular place. On the other hand, its conservation is costly. Eventually, this

will become unbearable, since there will be no more room to stock the amount left. Thus, LdSM developed a technique to reuse barbs, based on the application of a polymeric thermofilm with low environment impact. This process enables the reuse of the wet blue leather residue as well as other fabrics and tends to minimize the deposition and the environment impact issue. Besides, it provides the designers with an alternative to develop new products.

### 2. Experimental procedure

The thermofilm used in this work development is denominated hot melt [5]. Hot melt is a translucent material mainly formed by polyolephin, manufactured with solvent-free dry procedures and it is used to attach several fabrics and materials such as paper, foam, and EVA. Its density is between 19 and 60 g/m<sup>2</sup> and its thickness is between 25 and 60 μm. Its heat resistance is up to 120 °C. It does not present resistance to ordinary washing, dry washing and exuding plasticizer. The softening point is 70–80 °C. It is reactivated between 80 and 120 °C, with reactivation time between 10 and 15 s, depending on the equipment, the pressure and the material used. The hardening time is reduced in relation to other adhesives and does not depend on solvents or water base to be used. Compared to other attached processes, like solvent-based adhesives, its recycling and



Fig. 2. Experimental source materials.

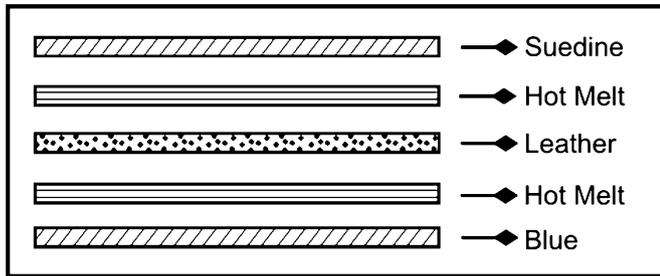


Fig. 3. Schematic draw of the sandwich.

minor environment aggression are the greatest advantages of this material.

### 2.1. Experiment source materials

Wet blue leather remainders were used in this experimental test [6]. The name “wet blue” refers to the cow skin which was submitted to the first transformation process in the tannery through a chrome bath, which leaves it wet and with a blue tone color [7]. The remainders are small and irregularly shaped, with size ranging from 4 to 8 cm approximately. Suedine fabric, cotton jersey and 100% cotton fabric with anti-flame treatment remainders were the other materials used in the experiment. All these materials came from industrial remainders. The material geometry dimensions are approximately between  $30 \times 20$  cm and  $16 \times 5$  cm. It is possible to observe the materials used in the experiment in Fig. 2. The figure is sub-divided in frames A, B and C. Hot melt is observed in frame A, leather remainders are observed in frame B, and cotton (denim blue) and suedine fabrics are observed in frame C.

### 2.2. Experiment methodology

The experimental procedure aims at joining the remainders in order to make a larger piece, a fabric that enables the manufacturing of different products that were first produced with virgin fabrics. To do so, a sandwich with a clad of leather,

fabric remainders and hot melt was elaborated, and it was thermally activated, forming a composite material with wet blue leather thermal characteristics. The process of material layer superposition used in the experiment is demonstrated in Fig. 3. Depending on the product necessity, the superposition may vary: the number of layers can be increased or reduced according to the technical intended characteristic of the fabric.

After the layers arrangement was defined, it was established that the product to be manufactured with the new material conception would be a Two Finger Mítele Glove, usually used at home and in cater ovens. Jersey and suedine fabric remainders, with sufficient area, were selected to cover each part of the glove's mold. The molds were disposed on the fabric, cut twice, generating an external and internal glove's cover.

The glove was covered externally with jersey containing anti-flame treatment to allow the handling of hot objects. Internally, the glove was covered with suedine fabric, which has a soft touch promoting comfort for the user. The mold of the glove's cut is observed in Fig. 4. The thumb's paper mold (white color) on the jersey remnant is observed in frame A. The already cut jersey thumbs for the external cover of the glove and the suedine fabric for the internal finishing of the glove are shown in frame B. The clads were mounted according to Fig. 3, being displayed on an aluminum plate with  $14 \times 13$  cm of geometry. The clad assembly stages are described in Figs. 5–8. First, the hot melt film is disposed on the jersey thumb (internal side), as in Fig. 5.

On the hot melt, the leather remainders were mounted, as shown in Fig. 6.

The whole area was filled with jersey remainders, exceeding 0.5–1 cm, to insure the complete coverage of the piece and a perfect adherence during the hot press forming. On the jersey, the remainders were randomly positioned. Fig. 7 shows the assembly of hot melt on the leather remainders.

The suedine layer placed on the hot melt is represented in Fig. 8. This material function is to give comfort to the user's touch, being this layer the glove's interior.

The clad of two aluminum plaques for the thermal activation on the press is necessary. After positioning the plates to form a superior and inferior protection, the entire set is placed into

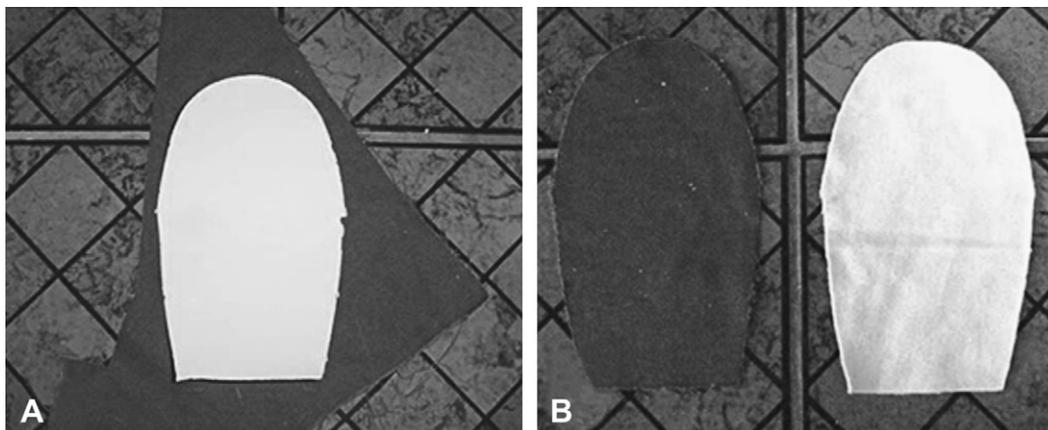


Fig. 4. Product cut molds.



Fig. 5. Assembly of the first hot melt layer.



Fig. 7. Assembly of the hot melt second layer.

a hot press (80 °C) for 45 s with a working pressure of 5 Kgf. This process is observed in frame A, Fig. 9. After concluding the heating time, the sandwich is removed from the press. The exceeding border of leather is cut, as it is demonstrated in frame B. The same procedure was repeated for the glove's palm.

After the glove's thumb is made, the sewing process of the attached parts was completed. The assembly of the parts took place at LdSM, in an industrial sewing machine. The final result is demonstrated in Fig. 10.

This product is used in places that need special care with the user as the high work temperature may increase up to 50 °C. The limiting factor of the product usage is the melting temperature of the hot melt, which is 120 °C. Nowadays, there are no factories in Rio Grande do Sul that use this process in their production, even though they are capable of working this way. Fig. 11 shows another product developed with the technique, a coin purse.

Initially, we have 1000 m<sup>2</sup> of leather remainders available to manufacture the hot glove, but there are leather deposits

that can surpass this estimate. With the use of all the available waste and the waste that is being produced by the industry, we can reach up to approximately 20,000 pairs of gloves in one year.

The products derived from recycled materials, such as the hot melt gloves and other products, allowed this technique to have a strong environmental appeal, resulting in a good acceptance by the consumers. The cost of producing hot gloves by this technique, assuming that the barbs are available with no costs, is approximately US\$ 1.00 each pair. The sales price for the hot melt gloves would be approximately US\$ 4.00. The hot melt adhesive polymer can be found in Brazil by the cost of approximately US\$ 0.50/m<sup>2</sup>. The adhesive is a transparent polyolephinic polymer, produced through dry processes, free from solvents, used to bond several textiles, paper, foams and EVA. Most of these materials are applied on the production of shoes and packages like the Tetra Pak TM. Hence, according to the references, the hot melt adhesive presents low toxicity. The only risk is the long time exposure of this product

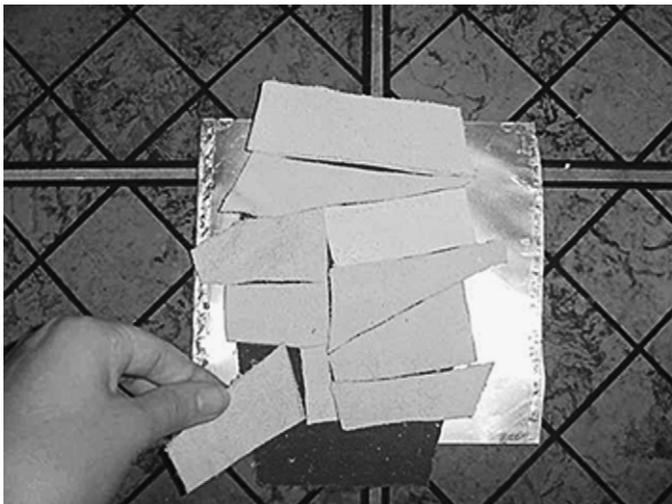


Fig. 6. Assembly of the leather remnants above the hot melt.



Fig. 8. Sandwich montage.

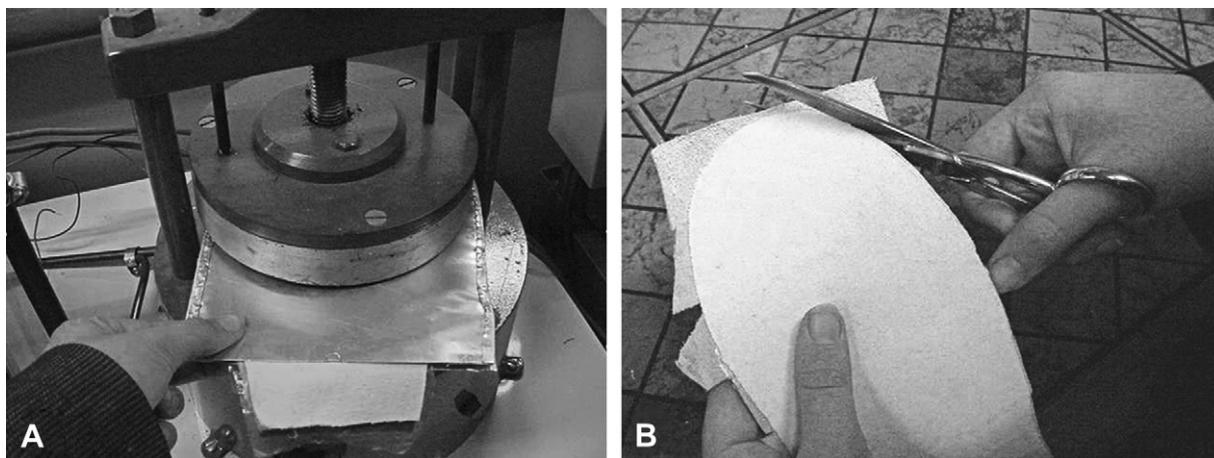


Fig. 9. Thermal activation of the glove's thumb.

to the softening temperature of the adhesive, which ranges from 70 to 80 °C.

### 3. Conclusion

The final product can be used to handle hot products with lower temperature of the hot melt, necessary for thermal activation, approximately 60–120 °C. The thermal resistance can be increased by the use of more layers of materials. Besides, other products could be developed such as: thermal fabrics, protective fabrics for sun exposure or fabrics for the fashion industry. Thus, this method could be applied on many products which make use of industrial fabric barbs from several different areas.

The developed process provides the industry with an alternative for the use of residues left by the production barbs. The great benefit of the hot melt, applied to the leather remainder bonding, is the skipping of the stage where the barbs are cut, and reducing time in the sewing process. External covering fabrics with different colors, textures and different technical characteristics could be applied to manufacture products with different appearance. Hot melt is not hazardous, can be recycled and may be applied with just the right quantity. Among the other processes that use raw material remainders already developed to reduce the impact on the environment,

this process may be useful to reduce pollution resulted from the use of wet blue leather in several countries. In that case, this process assists designers to development of new products and to explore the process, not only with the materials used in the experiment but also with other types of materials that could result in an environmental problem.

We believe that companies that work with leather products, and thus produce leather barbs, will be interested in this production process to reduce losses and to protect the environment. Indeed, our research group has, as a partner on this project, a company that produces gloves for the use in high temperatures and the process described in this work is being analyzed for the use of production barbs to make this new type of glove, not to be used in high temperatures for long periods, but cheaper. Further, it would be possible to export this product to other countries, or the technique can be used in other countries facing problems with this type of residues, like leather and textiles.

This proposal can generate new jobs in selection centers that could use this process. Due to the fact that humanity is developing a conscience regarding environment impact reduction, we believe that the products proposed here would be well accepted by the consumer.

We don't have data on the durability of the product; we only have the product prototype. Based on the materials

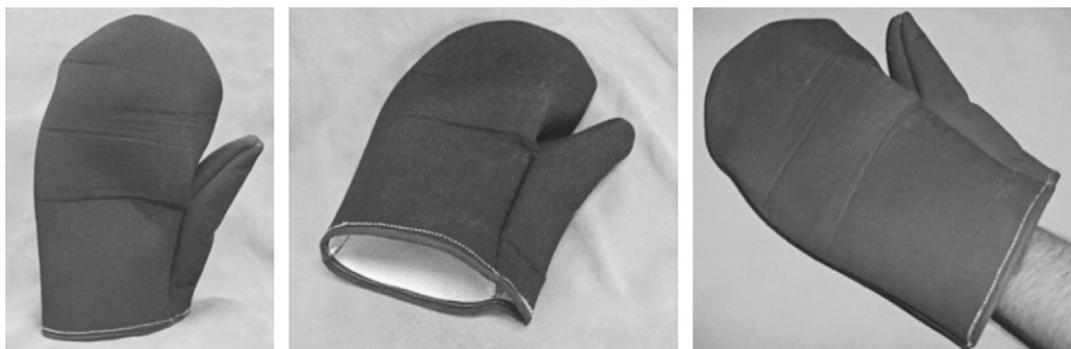


Fig. 10. Final product.



Fig. 11. Coin purse (dimensions: 8 × 9 cm).

used in this process, the product has durability between medium and high, which means that it can be used for a long time, depending on the purpose. The products made by this technique can still be recycled. As the hot melt adhesive can be refused at 120 °C, the material can be reutilized.

### Acknowledgements

The authors would like to thank Elisa Maranon Beretta, Eduardo Fonseca and Sonia Szewczyk for the technical support on this article. This experiment was performed with the support of CNPq and JGB security equipment industry.

### References

- [1] Turra Dilce, Etchepare Hélio, Kindlein Wilson. Caracterização e viabilidade de reciclagem dos materiais nos centros de triagem de Porto Alegre e Região Metropolitana. Primeiro Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Campinas: ANP-PAS; 2002.
- [2] Silva Fábio P. Minimização do impacto ambiental gerado pela produção de couro através do re-uso de aparas e recortes provenientes do setor coureiro calçadista. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais (PPGEM). Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Março de 2004.
- [3] Kämpf Atelene N, et al. Uso de resíduos de couro wet-blue como componente de substrato para plantas. Artigos Científicos – Fitotecnia. Cienc. Rural vol. 37, no. 1 Santa Maria, RS; Jan/Feb 2007.
- [4] Escola de Engenharia UFRGS. Online. Available from: <<http://www.engenharia.ufrgs.br>> [accessed 06.06.06].
- [5] Artecola Indústrias Químicas Ltd. Online. Available from: <<http://www.artecola.com.br>> [accessed mar. de 2006].
- [6] Gutterres M. Alternativas para destinação do resíduo do rebaixamento do couro wet-blue. Revista do Couro, vol. 113, no. 22. Estância Velha, RS; 1996. p. 49–54.
- [7] BNDS. Glossário de termos usados em atividades Agropecuárias, Florestais e Ciências Ambientais. Online. Available from: <[\[www.bnnds.gov.br/conhecimento/livro\\\_glossario/glossario.pdf\]\(http://www.bnnds.gov.br/conhecimento/livro\_glossario/glossario.pdf\)> \[accessed 12.12.06\].](http://www.bn</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

Prof. PhD **Wilson Kindlein Júnior**, Coordinator of the *Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM)*, has a Postdoctoral degree in Industrial Design and PhD in Materials Engineering, with a long experience in the area of Design and Material Selection and in the industry. He is a Professor in the Materials Department of the School of Engineering (EE) of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS). He is also responsible for the creation and implementation of the *Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM)*. The researches of the LdSM involve project methodology to promote the Ecodesign, which was indicated for the first prize in the category of Product Project for the Ecodesign Award from FIESP. He has participated in the conception of the Design course – UFRGS, which started in March, 2006. His extensive production of papers in events and magazines include publications in Portuguese, English, and French.

**Designer Luis Henrique Alves Cândido** a team research member of the Laboratory of Design and Material Selection. Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS) – Brazil. Phone: +55 51 3316 3349, e-mail address: [pslhc@ibest.com.br](mailto:pslhc@ibest.com.br). Luis Henrique Alves Cândido is a Design researcher of the Laboratory of Design and Material Selection (LdSM), his formation is in Industrial Design with broad experience in the area of Design and Product, and in the industry. He is also responsible for the research in Ecodesign of the Laboratory of Design and Material Selection (LdSM). He has presented papers in events and Design congresses.

**Andrea Seadi Guanabara** is specialized in Marketing by ESPM – Escola Superior de Propaganda & Marketing – and has an Industrial Design Grad Degree. Working since 2001 in Design and Material Selection Laboratory – LdSM/UFRGS Designer. Nowadays, Designer with “Design Management as Strategic Factor for Industrial Competitiveness in Rio Grande do Sul” project participation. Participation with magazine articles (national and international); and Design related congresses and seminars. Participation in technical/scientific meetings, promoted by education and business institutions. Also experienced as a CIENTEC Designer/Product Incubator, working in product development and molding.

**APENDICE 2**

**Artigo 2 - Estudo de caso 2:** EcoDesign: case of a mini compressor re-design.

**Journal of Cleaner Production**



## EcoDesign: case of a mini compressor re-design

E.R. Platcheck<sup>a,\*</sup>, L. Schaeffer<sup>a</sup>, W. Kindlein Jr.<sup>b</sup>, L.H.A. Cândido<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Laboratory of Mechanical Transformation, Federal University of Rio Grande do Sul-Av. Bento Gonçalves, 9500 – CAIXA POSTAL 15.021, Porto Alegre, RS 91501-970, Brazil*

<sup>b</sup> *Laboratory of Design and Materials Selection, Federal University of Rio Grande do Sul-Av. Osvaldo Aranha, 99/604 – Porto Alegre, RS 90035-190, Brazil*

Received 28 March 2007; received in revised form 11 September 2007; accepted 14 September 2007

### Abstract

This article demonstrates the application of EcoDesign techniques in the re-design of a fish tank air compressor. This application aims the reduction of components, the minimization of raw materials and the manufacture processes and tends as main focus the minimization of environmental impact in the development of new products. This air compressor was awarded the first prize in the Product Project category in the ECODESIGN Award – FIESP/CIESP 2004.

© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

*Keywords:* EcoDesign; Design; Junction elements

### 1. Introduction

Environmental concern and responsibility with natural systems have grown largely in all fields of society over the past years. Many countries have adopted stricter environmental legislation, taxes and penalties in order to control the whole productive system. The level of information provided nowadays has turned citizens more aware and receptive to environmentally friendly products. These pressures over the society and governments led companies to reevaluate their processes and the way their products are developed. According to Manzini et al. [1], it is possible to say that the designer has always been motivated by the search for new challenges. Within this new context, sustainable development demands a new attitude from designers: just knowing materials and processes is no longer the sufficient condition in this new paradigm; it is also necessary to approach environmental issues such as new ways to rethink, refund, reduce, reuse, or recycle a product.

According to Boothroyd et al. [2], it can be appointed that the new challenge is the issue of junction elements (fixations systems among components). One of the main characteristics required by the project is to obtain a product that is easy to disassemble at the end of its shelf life. So, the aim of this work is to demonstrate the viability of a re-project of an existing product, focusing on minimization of environmental impact during its lifecycle applying the techniques of EcoDesign and helping designers to understand this new concept and its application during the whole designing process.

### 2. EcoDesign

The EcoDesign during product development process attempts to include the environmental variables from the conception and places environment at the same level of importance as efficiency, aesthetics, costs, ergonomics, and functionality [3]. Any business strategy employing the EcoDesign techniques in its development will have a competitive differential, promoting the integration among various sectors in the industry throughout the productive chain. This technique should be supported by the high management discussing and by the introduction

\* Corresponding author. Tel.: +55 51 30234652; fax: +55 51 3308 6134.

E-mail addresses: [elizabeth@oficioergonomia.com.br](mailto:elizabeth@oficioergonomia.com.br) (E.R. Platcheck), [schaefer@ufrgs.br](mailto:schaefer@ufrgs.br) (L. Schaeffer).

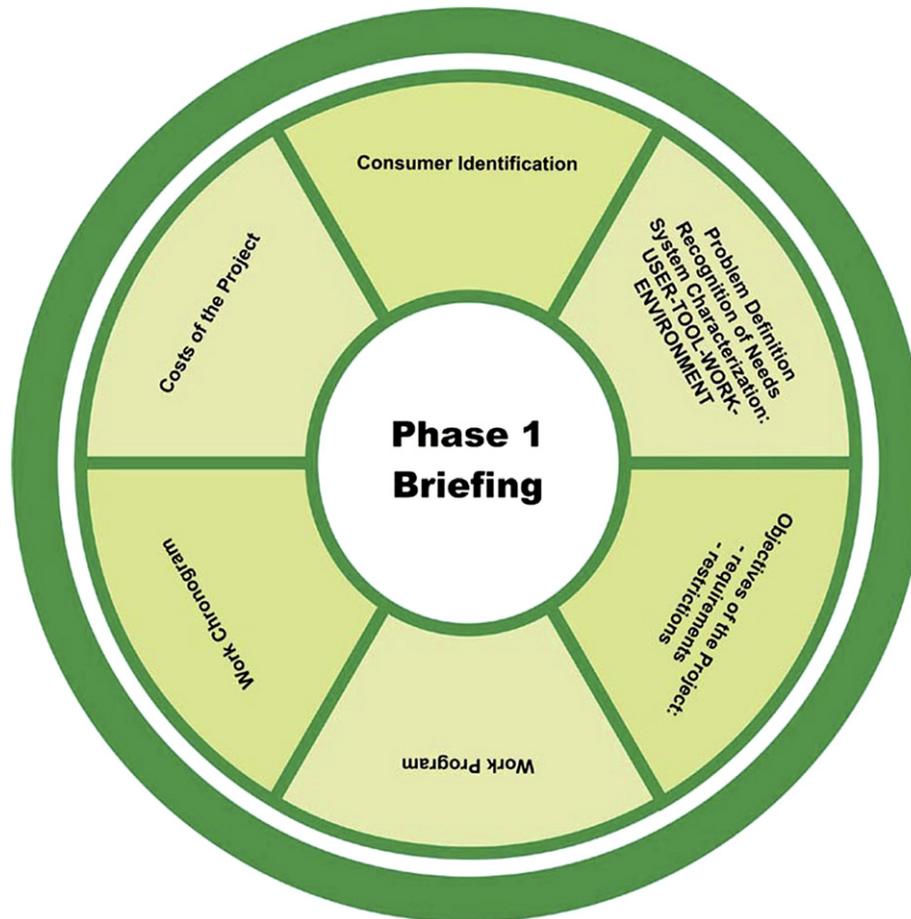


Fig. 1. Environmental variables in briefing phase.

of a wider vision of the subject incorporating the environmental factor as one of the important values for the company.

Design and Engineering hold one of the major challenges in the search of evaluation and analysis criteria for further development of ecologically friendly products. When well managed, this decision will determine the success of the enterprise by changing existing products – with generating characteristics of great environmental impact – into EcoProducts, minimizing, therefore, environmental harms. According to Amaral de Souza [4], EcoDesign is a holistic view in that, starting from the moment we know the environmental problems and its causes, we begin to influence the conception, the materials selection, the production, the use, the reuse, the recycling and the final disposition of industrial products.

These stages aim of aggregating basic concepts that will ensure the implementation of the EcoDesign as a technique for product development, incorporating the principles of the productive chain, from raw material selection to the end of shelf life, proving the environmental responsibility of the manufacturer.

### 3. EcoDesign methodology for development of sustainable products

The environmental variables can be inserted, according Platcheck et al. [6], in the methodology for the development

of industrial products since the definition of the problem (Fig. 1), in order to meet issues involving environmental management and sustainable development. The introduction of the environmental variables becomes fundamental for the development of new products, integrating the aspects related to the environment through the development of routines, production, use and final disposal of each product. In this manner, the designer should seek solutions in order to minimize waste generation of any kind during the many stages of product development, and thus, facilitating the recycling process and/or reducing the consequences of final disposal of the product.

For the target goals and imposed restrictions, one should consider the environmental factor, either for the reduction of the impact caused by extraction and transformation of raw materials or in the productive process, utilization, and final disposal of products in the environment. For the state-of-art survey, however, environmental issues are applied in all sub-stages. In the productive process of existing similar products, we should consider not only manufacturing and transformation processes, assembly line, administrative and technical aspects of manufacturing but also water and energy consumption, the source of raw materials, the kind of generated residues and their destination. During this phase of the project, the method is restructured by the analysis of similar. Besides all structural, functional, ergonomic, aesthetic and market aspects, the

analysis of similar should also include ecological aspects such as analysis of lifecycles, assembly and disassembly aspects, package, transportation, recycling after disposal, generation of wastes during shelf life, manufacturing processes, raw material and its sources, generated/spent energy both in the manufacturing and in the usage of the product. Fig. 2 describes these stages.

Fig. 3 shows that it is exactly during the projection phase that the variables of EcoDesign are applied. When setting the projectual parameters we must consider that the *Waves of Eco-Design* [6] is fundamental for a sustainable development. We must regard the selection of materials with little environmental impact, the transportation system and packaging, the energy consumption, the consumption of water and auxiliary materials for both production and use of final product, the lifecycle, the reuse, and the remanufacturing and recycling of the whole product or part of it.

For the technical detailing of parts and components it is important to observe the variables of production optimization in order to reduce energy consumption, reuse sub-products and, consequently, minimize waste generation. The guidelines and rules of Design for Assembly (DfA) must also be considered, since they aim at reducing the amount and diversity of components and processes, optimizing handling, and, most of all,

making the assembly of parts an easier task. As for the ergonomics recommendations, one must take into account not only the end user but also the “shop floor” user who acts on the production process. The Design for Assembly (DfA), Design for Disassembly (DfD), and Design for Maintenance (DfM) approaches must be considered in order to facilitate the reuse of parts and components.

During the whole process – from projection to prototype validation – one should employ the Simultaneous Engineering, also known as Concurrent Engineering that consists of a temporal execution of various stages of activities in *parallel*, as opposing to the conventional way (sequential). Simultaneous Engineering leads to the reduction of the total development time of a product. Tasks are run in parallel allowing the effective anticipation of problems that otherwise – in the Sequential Engineering – would be detected rather late. Concurrent Engineering techniques are used to reduce loss of time and costs in product development.

This holistic view proposed by the EcoDesign should include three balanced aspects: economic viability, environment maintenance, and social responsibility. When given the same value, these aspects will ensure sustainable development, which leads to the Design for Environment (DfE) approach. When environmental problems and their causes are recognized, one is able to

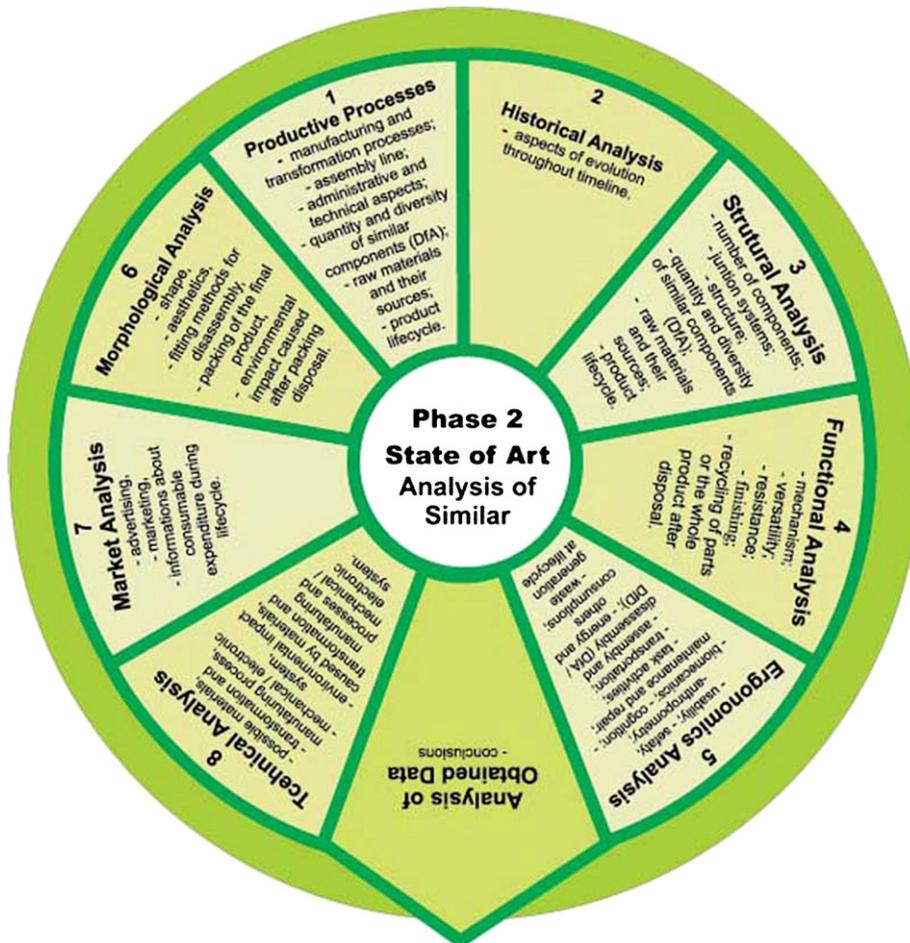


Fig. 2. Environmental variables in state-of-art phase.

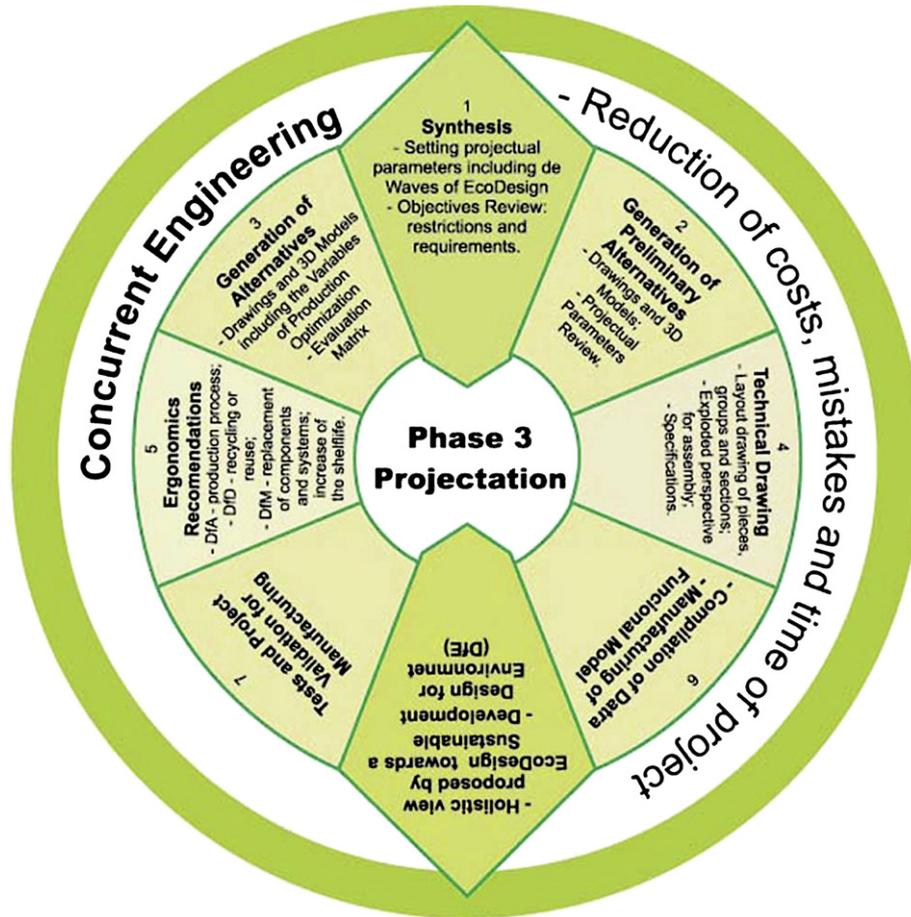


Fig. 3. Environmental variables in projection phase.

interfere with the conception, material selection, manufacturing, use, reuse, recycling, and final disposal of a product, following what is technologically possible and ecologically necessary.

Professionals of design as well as the top management should be the main conductors of this change in course and paradigm shift from natural resources to a more evolved and

sustainable type of material extraction. This change of paradigms must occur in both production processes and final products. It cannot be restricted to law compliance, but, rather, it should take advantage of the benefits and opportunities that environmental protection is able to provide. The sponsor of companies and the increase in the production of ecologically efficient products based on the application of EcoDesign will

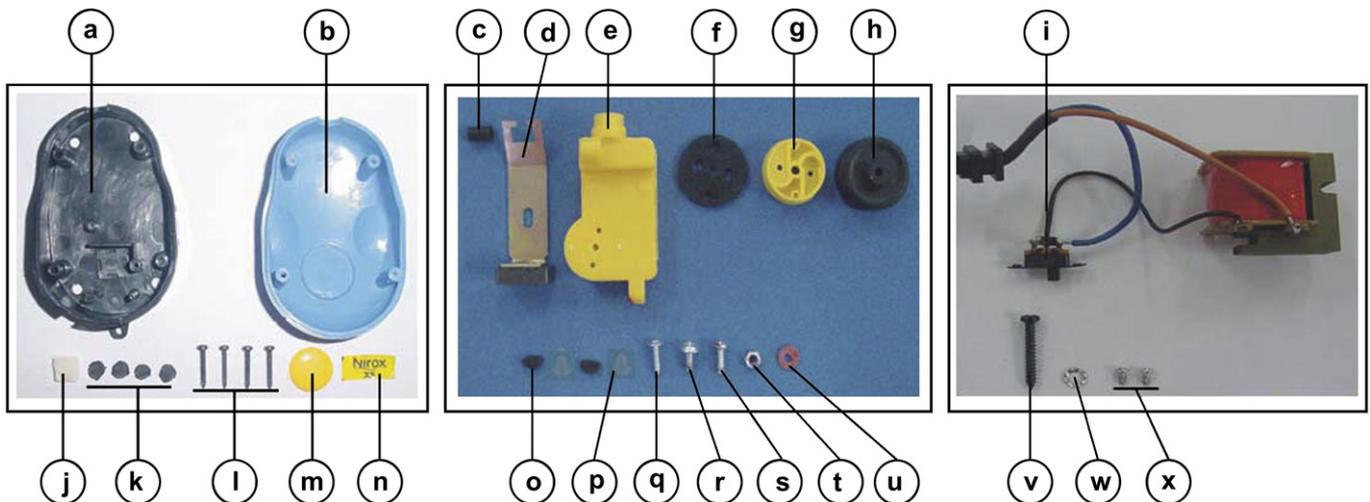


Fig. 4. Components of compressor Model A.

Table 1  
Compressor Model A – Identification of components

Item	Denomination	Function	Material	Quantity
a	Lower base	Base for assembly	Thermoplastic	1
b	Upper base	Closure of the whole set	Thermoplastic	1
c	Tube	Positioning	Elastomer	1
d	Oscillating arm	Vibrator	Steel + magnet	2
e	Air collector	Air distribution	Thermoplastic	1
f	Ring	Sealing	Elastomer	1
g	Base of the valve	Body of the valve	Thermoplastic	1
h	Diaphragm	Oxygen intake	Elastomer	1
i	Controller	Key	Polymer	1
J	Filter	Oxygen filtering	Felt	1
k	Support	Support	Elastomer	4
I	Screw	Fixation	Steel	4
m	Disc	Decorative item	Thermoplastic	1
n	Adhesive tape	Product identification	Thermoplastic	1
o	Fastener	Fixation	Elastomer	2
p	Membrane	Sealing	Elastomer	2
q	Screw	Fixation	Steel	1
r	Screw	Base for assembly	Steel	1
s	Screw	Fixation	Steel	1
t	Nut	Attach item b in item j	Steel	1
u	Washer	Spacer	Composite	1
v	Screw	Fixation	Steel	1
w	Special washer	Lock	Steel	1
x	Screw	Fixation	Steel	2
Total				34

certainly bring benefits and opportunities. Within this context, the EcoDesign should be assumed as a challenge that sooner or later companies will have to face and for which they should be prepared.

#### 4. Junction elements

Concerns and responsibilities with environmental impact have given rise to new challenges for Designers and Engineers.

Table 2  
Compressor Model B – Identification of components

Item	Denomination	Function	Material	Quantity
a	Upper base	Base	Polymer + steel	2
b	Lower base	Closure of the whole set	Elastomer	1
c	Tube	Positioning	Elastomer	1
d	Oscillating arm	Vibration	Steel + magnet	2
e	Valve	Valve	Polymer	1
f	Diaphragm	Vibration	Elastomer	1
g	Selling ring	Selling	Elastomer	1
h	Washer	Electric coil fixation	Steel	1
i	Hexagonal nut	Electric coil locking	Steel	1
J	Fastener	Valve membrane fixation	Elastomer	2
k	Membrane	Sealing	Elastomer	2
l	Tube	Connection	Polymer	1
m	Hexagonal nut	Fix item b in item d	Steel	1
n	Screw	Attach item b in item d	Steel	1
o	Screw	Fixation	Steel	1
Total				19

Junction elements are largely employed in the industry for products development and have a fundamental role within this context. That happens since the greatest challenge imposed by this new environmental order. The conception of junction elements actually is able to reduce environmental impact, minimize productive process and facilitate reutilization and recycling of products. These variables tend to make disassembling easier and, therefore, more attractive for recycling centers – the main responsible for the destination and separation of a product's components.

A great difficulty for a product disassembling is observed due to junction elements, such as: glue, special screws, rivets, etc. These elements require a great deal of disassembling time, a negative characteristic considering that this fact aggregates high cost to the process and render disassembling unviable or even impossible to be performed. Kindlein et al. [5] present

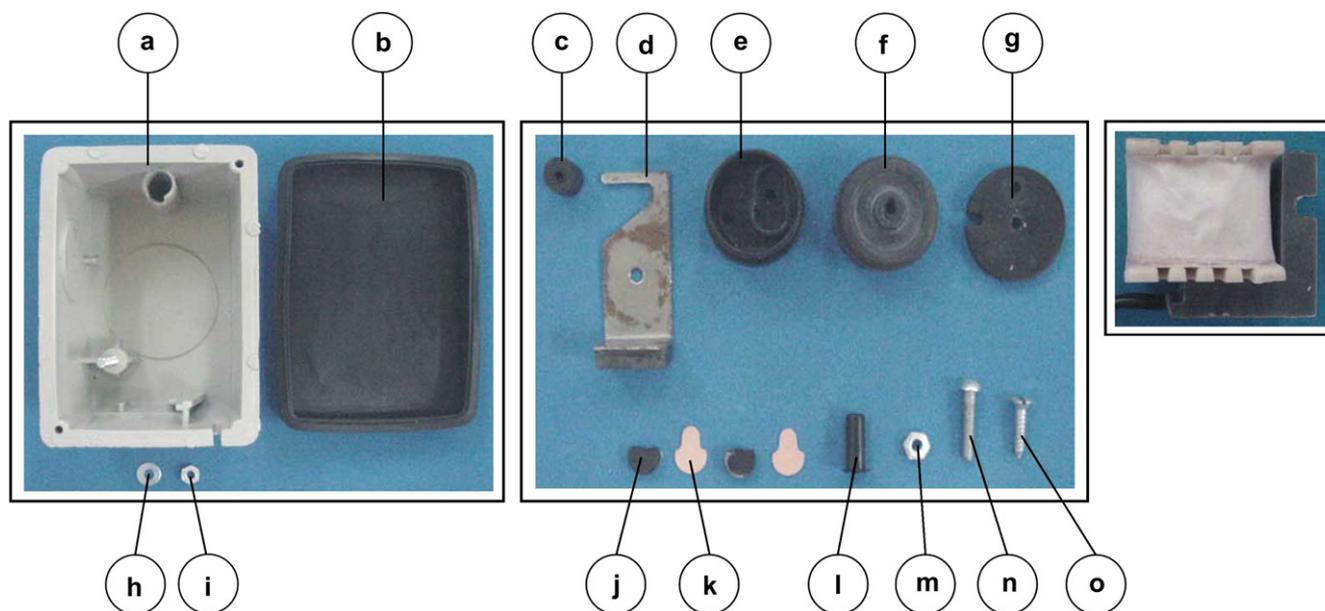


Fig. 5. Components of compressor Model B.

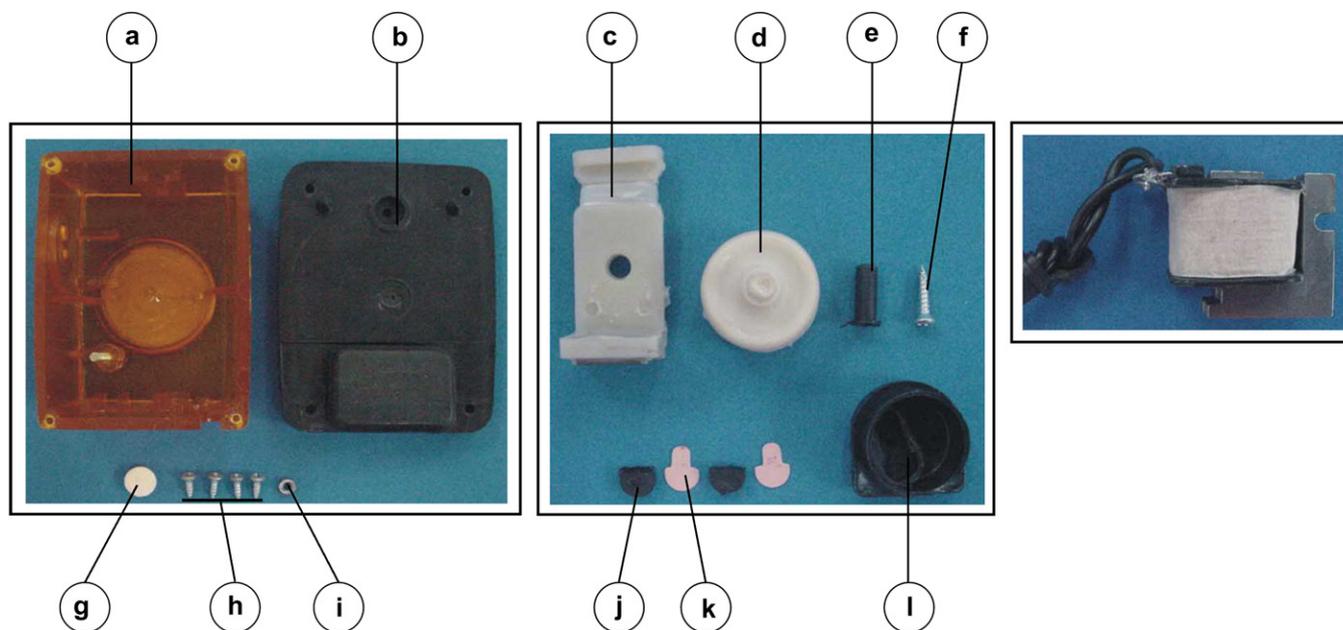


Fig. 6. Components of compressor Model C.

junction principles, sub-principles and their synonyms, explaining and describing each specific term.

By understanding junction elements and their forms, according Platcheck [6], the designer is able to employ them in the most suitable way, never forgetting to adequate this knowledge to the EcoDesign techniques for product assembling and disassembling. Applying this new kind of project to existing products requires continuous dedication. It is fundamental to consider all involved processes, its characteristics and, mainly, to know how to take advantage of that change as a positive factor and value aggregator, for both manufacturers and society, considering also the decrease of environment aggression and the raw materials extraction. When applied under the junction elements approach, the EcoDesign technique is an alternative way to achieve the redesign of products. Based on an academic case study, this article intends to demonstrate the use of the aforementioned technique.

Table 3  
Compressor Model C – Identification of components

Item	Denomination	Function	Material	Quantity
a	Upper base	Base	Polymer + steel	2
b	Lower base	Closure of the whole set	Elastomer	1
c	Oscillating aim	Vibration	Steel + magnet	2
d	Diaphragm	Oxygen collection	Elastomer	1
e	Tube	Connection	Polymer	1
f	Screw	Fixation	Steel	1
g	Filter	Filter	Felt	1
h	Screw	Fix item b in item a	Steel	4
i	Hexagonal nut	Electric coil fixation	Steel	1
J	Fastener	Fix membrane of the valve	Elastomer	2
k	Membrane	Sealing	Elastomer	2
I	Base of the valve	Body of the valve	Polymer	1
Total				19

## 5. Case study – fish tank air compressor

The aim of this study was to evaluate the mechanical construction of 4 (four) air compressors for fish tanks available in the market, taking into account material selection and junction elements. This work did not intend to change the compressor's functional system; its main objective was to propose viable re-designing alternatives with emphasis on component reduction, minimization of raw material, maximum utilization of compatible raw material, and reduction of manufacturing processes. It was an academic proposal demonstrating how the variables of EcoDesign could be applied to produce more environment friendly products. These purposes had no real confirmation of production, users, disassembly or recycling.

## 6. Study of available fish tank air compressor models

The selected air compressors were chosen based on their similarity, regardless of their brand or position in the market. We analyzed four air compressors – Model A, Model B, Model C and Model D – do not considering the electric coil that is a commercial standard.

### – Study of compressor Model A

Fig. 4 presents the functional structure of Model A. Its components are identified in Table 1.

### – Study of compressor Model B

Fig. 5 presents the functional structure of Model B. Its components are identified in Table 2.

### – Study of compressor Model C

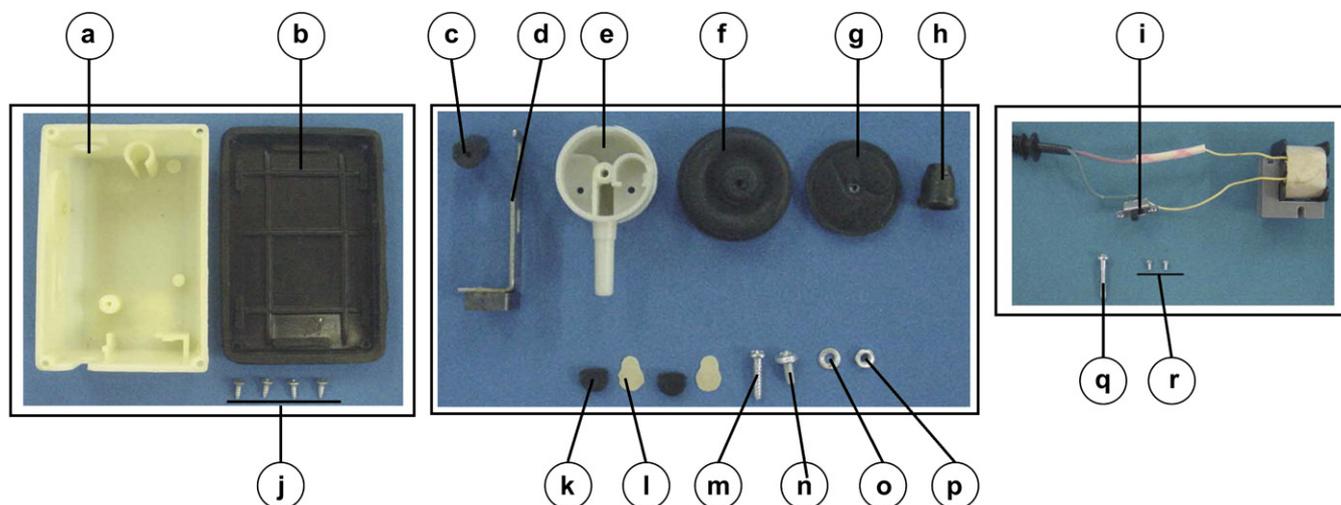


Fig. 7. Components of compressor Model D.

Fig. 6 presents the functional structure of Model C and its components are identified in Table 3.

#### – Study of compressor Model D

Fig. 7 presents the functional structure of Model D and its components are identified in Table 4.

## 7. Analysis of existing compressors

### 7.1. Functional re-project based on EcoDesign

Based on the data provided by the evaluation of available compressors, we began to analyze and determine the specifications of viable aspects for redesigning according to the Eco-Design variables. During this phase, two possible re-project lines were determined: one related to the structure of the

Table 4  
Compressor Model D – identification of components

Item	Denomination	Function	Material	Quantity
a	Upper base	Base	Polymer	1
b	Lower base	Closure of the whole set	Elastomer	1
c	Tube	Positioning	Elastomer	1
d	Oscillating arm	Vibration	Steel + magnet	2
e	Base of the valve	Body of the valve	Polymer	1
f	Diaphragm	Catcher	Elastomer	1
g	Sealing ring	Sealing	Elastomer	1
h	Guide	Positioning of tube item c	Polymer	1
i	Controller	Key	Polymer	1
j	Screw	Fix item b in item a	Steel	4
k	Fastener	Fix membrane of the valve	Elastomer	2
l	Membrane	Sealing	Elastomer	2
m	Screw	Fixation	Steel	1
n	Screw	Attach item b in item 4	Steel	1
o	Washer	Spacer	Steel	1
p	Hexagonal nut	Fix item b in item d	Steel	1
q	Screw	Fixation	Steel	1
r	Locking screw	Control key	Steel	2
Total				25

product and the other concerning the analysis of materials and processes. The analysis focused on those two lines with emphasis on alterations in the following topics: reduction of components, junction elements, raw material selection, and minimization of processes while preserving characteristics and performance of air generation system. Table 5 shows a quantitative analysis of the number of parts necessary to assemble each set. This is a fundamental information in the evaluation of similar and an important aspect for possible project solutions.

### 7.2. Conceptual re-project based on EcoDesign

Based on data presented in Table 5, we began to develop the conceptual redesign in order to change the conception of the product – reduction of components and maintenance of functionality, in compliance with technical, economic and environmental criteria. With the help of 3D software, a compressor model was developed as shown in Fig. 8. The model was based on the EcoDesign variables and aimed of reducing environmental impact and increasing productive and competitive differential. Then, the final product could contemplate leaner manufacturing processes.

The project including single components, which previously was based in the assembly of two or more components, enabled the reduction of items and the application of the pressure injection process to manufacture plastic items. Components 1 and 2 are responsible for the compressor's structure, positioning of internal components, protection of internal components,

Table 5  
Number of components in each analyzed compressor models

Compressor model	Basic set	Air generation set	Total items
A	13	16	29
B	05	14	19
C	09	10	19
D	06	15	21

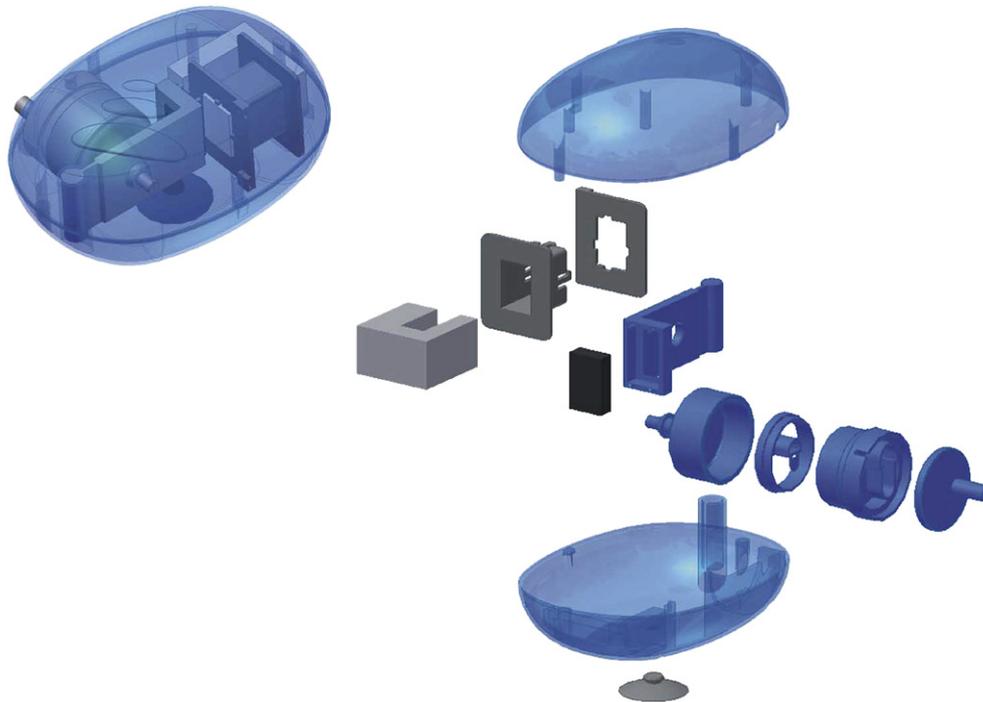


Fig. 8. Exploded view of compressor proposed by the LdSM.

and external product appearance (aesthetics). Fixation systems were employed to these components without the use of items such as screws, nuts or glue. One of the systems used for closing the lid is the so-called *Snap-fit*. This system negates the need of screws to attach two parts. Fig. 9 shows the items described in Table 6. It is worth emphasizing that the project developed by the LdSM proposed a new design for the electric coil. In the other compressors this item is critical since it involves several materials and junction elements that make disassemble a hard task to perform.

## 8. Analogy between available products and the new proposal

This new proposal of an air compressor for fish tank arose from the principle of raw material waste reduction and improvement of processes. It is based on the analogy and

analysis of existing products available in the market and can be applied to any other product. The main concern here is the minimization of environmental impact and industrial cost demanded by manufacturing process through the utilization of compatible materials, the application of the EcoDesign technique and, most of all, the reutilization of components in order to increase lifecycle and possibilities of product recycling. Table 7 presents a quantitative analogy between available products and the result of the redesign proposed by LdSM.

## 9. Prototyping of air compressor developed by LdSM

After the conclusion of the 3D virtual model, the prototyping of the product was created through *SLS – Selective Laser Sintering*. With this technique it is possible to produce a physical model by using the energy released by a laser beam to

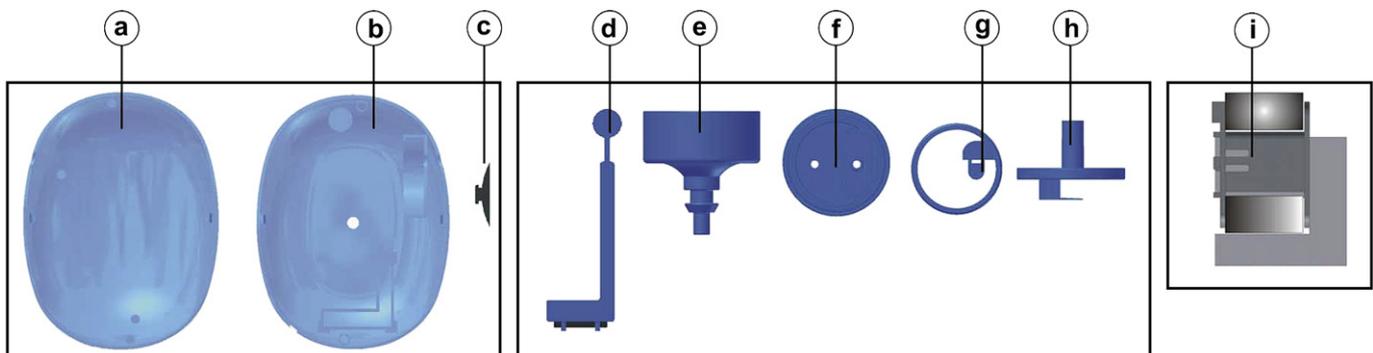


Fig. 9. Components of compressor developed by the LdSM.

Table 6  
LdSM model – identification of components

Item	Denomination	Function	Material	Quantity
a	Upper base	Closing the whole set	Polymer	1
b	Lower base	Base	Polymer	1
c	Sucker	Fixation	Polymer	1
d	Oscillating arm	Vibration	Polymer + magnet	2
e	Diaphragm	Catcher	Elastomer	1
f	Base of the valve	Body of the valve	Polymer	1
g	Membrane	Sealing	Polymer	1
h	Membrane	Sealing	Polymer	1
i	Electric coil	Magnetic field	Polymer	1
Total				10

Table 7  
Analogy: existing products versus the one based on EcoDesign

Compressor model	Basic set	Air generation set	Electric coil set	Total of parts	Different materials
A	13	16	01	30	06
B	05	14	01	20	04
C	09	10	01	20	05
D	06	15	01	22	04
Developed by LdSM	03	06	01	10	04

melt a heated powder. This extremely important process was chosen due to its dimensional precision and its availability at CenPRA – Renato Archer Research Center. The material employed in the compressor prototype was Polyamide. Through the prototyping technique, the analysis of design and characteristics of assembly become quite evident; therefore, it is possible to approve the product or conduct any modifications at lower costs and prior to the final productive process. Fig. 10 shows the prototype developed by LdSM. It is clear that there was a significant reduction in number of components when compared to similar products analyzed in this work.

## 10. Analysis of results

The quantitative analysis (Table 7) reveals that it was possible to develop or redesign a product tends as base of project information that comes to join knowledge and viable techniques of environmental adaptation. In this specific case the main focus was the development of a product with a lower number of components and leaner processes. This change in

product tends to aggregate a competitive and strategic differential to the company by maintaining traditional project criteria but attributing the same value to the environmental variable as that given to other industrial strategies such as profit, quality, functionality, aesthetics, ergonomics and the image of the company in society.

## 11. Conclusion

Environmental pressures from both society and government have led companies to apply environmental strategies for the development of products. The EcoDesign technique is not only fundamental for process enhancement and development of components but also enables designers to project or redesign products taking into account environmental issues. Through this technique, useful and efficient junction elements receive a touch of innovation. Conventional systems such as screws, nuts, glue, etc., as well as disassembly tools like screwdrivers or pliers are no longer necessary. In order to apply this technique, however, a critical analysis of each product must be carried out. Strategies and viable alternatives must be set so as to avoid unequivocal decisions that might inhibit this practice of environmental responsibility with sustainable development. This article demonstrates a possible way of balancing sustainable development and economic interests involved in the development of a product. This work is the foundation for future works in both academic field and industrial world. However, this environmental sustainability of products and current processes will only be achieved with greater commitment in the development of products and the use of redesign with focus on the EcoDesign technique. This method can be used to analyze any type of product.

## Acknowledgements

Many thanks to Cenpra – Renato Archer Research Center – for the manufacturing of the prototype of the fish tank air compressor model; Jorge Lopes; Carlos Saura, and Roberto da Rosa Faller (voluntary junior research assistant at LdSM).

This work was conducted with the support of CNPq, FINEP and CAPES.



Fig. 10. Prototyped model-air compressor developed by LdSM.

**References**

- [1] Manzini E, et al. *O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis*. São Paulo: Editora Edusp; 2002.
- [2] Boothroyd G, et al. *Design for assembly and disassembly*. Santa Catarina; 1992.
- [3] Peneda C, et al. *Ecodesign no Desenvolvimento dos Produtos*. INETI—(Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial), ITA (Instituto de Tecnologias Ambientais); 1995.
- [4] Amaral de Souza P. *Inovação Sustentável: O Ecodesign Aplicado ao Projeto de Novos Produtos*. Monografia. Porto Alegre: UFRGS/NdSM/UCS; 2001.
- [5] Kindlein Jr W, et al. *Princípios Básicos de Junção Utilizados em Sistemas e Subsistemas de Produtos Industriais e sua Importância no Desenvolvimento Sustentável*. In: ANPPAS - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Campinas SP: APPAS; 07 a 08 de nov. 2002.
- [6] Platcheck ER, et al. *Methodology of EcoDesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments*. *Journal of Cleaner Production*. January 2008;16(1):75–86.

## **APENDICE 3**

**Artigo 3–Estudo de caso 3:** Criação de uma Interface Multimídia Aplicada ao Estudo do Ecodesign. CD ROM Ecodesign: Elementos de Junção.

**Revista Estudos em Design**

# Criação de uma Interface Multimídia Aplicada ao Estudo do Ecodesign - "CD-ROM Ecodesign: Elementos de Junção"

## *Creation of a Multimedia Interface Applied to Ecodesign Study - "CD-ROM Ecodesign: Junction Elements"*

**Silva, Fábio Pinto da;**

Eng. LdSM/DEMAT/EE/UFRGS

**Luz, Felipe Ferreira;**

Bolsista ITI/CNPq - LdSM/DEMAT/EE/UFRGS

**Cândido, Luis Henrique Alves;**

Designer LdSM/DEMAT/EE/UFRGS

**Kindlein, Wilson Jr.,**

Prof. Dr., Coord. LdSM/DEMAT/EE/UFRGS

**Resumo** O aumento na produção de bens de consumo e a redução de seu ciclo de vida geram vultuosa quantidade de resíduos sólidos. Uma alternativa para minimizar este impacto ambiental é empregar elementos de junção que facilitem a desmontagem do produto ao final de sua vida útil. Nesta pesquisa foram classificados os elementos de junção que facilitam e/ou dificultam a desmontagem. O resultado foi compilado em CD-ROM, sendo uma importante ferramenta de auxílio ao projeto mais sustentável.

**Palavras Chave:** ecodesign, desenvolvimento sustentável, guia de projeto

**Abstract** *The increase in the production of consumption goods and the reduction of their life cycle generate a great amount of solid residues. An alternative to minimize this environment impact is to use junction elements that facilitate the disassembly of the product at the end of its shelf life. In this research it has been classified the junction elements that facilitate and/or impede the dismount. The result was compiled in CD-ROM, being an important aid tool to a more sustainable projecting*

**Keywords:** *ecodesign, project guide, sustainable development*

## 1. Introdução

O cenário tecnológico atual está agindo de forma direta na degradação ambiental. Segundo Kindlein (2002), encontramos-nos numa situação de insustentabilidade diretamente relacionada com a não preservação do ecossistema. É cada vez mais necessário criar soluções e tomar medidas preventivas para minimizar este problema. Uma medida viável é o reaproveitamento dos diferentes materiais utilizados na composição de um produto. Rosemburg (1996) indica em sua metodologia de desenvolvimento de produtos o uso dos 3R's, reduzir, reutilizar e reciclar, partes ou todo o produto antes do seu descarte final. Para isto, é necessário que a desmontagem dos produtos seja prevista desde a fase inicial do projeto (Design Consciente).

A preocupação com o fim da vida útil confere ao produto um maior valor agregado, como disse Lowe (1996): "Alcançando alta eficiência no uso de energia e materiais na produção, na reciclagem e no uso do produto, gerará vantagens competitivas e benefícios econômicos". Ljungberg (2005) afirma que "em um mundo com recursos limitados e sérios impactos ambientais, é óbvio que um estilo de vida sustentável é cada vez mais importante". Porém, a falta de informação sobre o assunto, juntamente com a escassez de material de pesquisa disponível, impossibilita que os profissionais da área desenvolvam produtos ecologicamente corretos e economicamente viáveis, que são os princípios básicos do Ecodesign.

Este artigo apresenta uma ferramenta para a prática do projeto sustentável. Trata-se de um guia, na forma de CD-ROM (tela inicial do CD apresentada na figura 1), o qual tem como objetivo auxiliar os profissionais das áreas de projeto, dentro dos conceitos do Ecodesign. Busca-se, assim, um equilíbrio entre o crescimento tecnológico e a preservação de nosso meio.

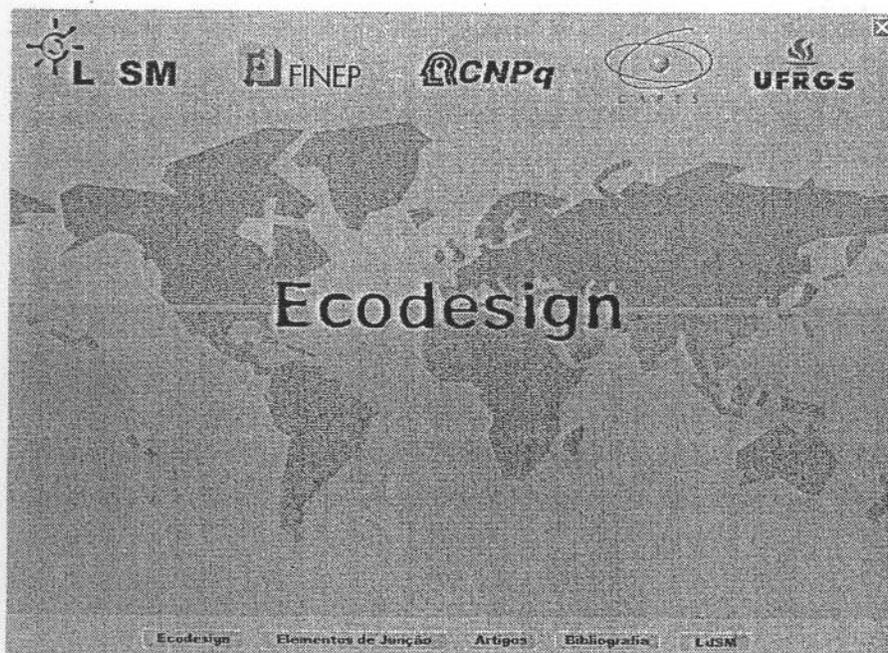


Figura 1: Tela inicial do CD ROM: ECODESIGN ELEMENTOS DE JUNÇÃO.

“O ecodesign, na atividade de desenvolvimento de produtos, procura incorporar a variável ambiental desde a concepção, considerando o meio ambiente com mesmo grau de importância como a eficiência, estética, custo, ergonomia e funcionalidade.” (Frazão, 1995). Segundo Kindlein (2002) as atuais metodologias de projeto de produto não levam em conta a variável ambiental, isto faz com que a quantidade de resíduos sólidos oriunda tanto do processo de fabricação, uso e descarte ao término da vida útil esteja se tornando rapidamente insustentável. Isto acontece porque a separação dos diferentes materiais que compõem um produto é, não raras vezes, inviável ou até impossível fazendo com que o re-uso e ou reaproveitamento se torne um problema de difícil solução e com grande impacto no ecossistema.

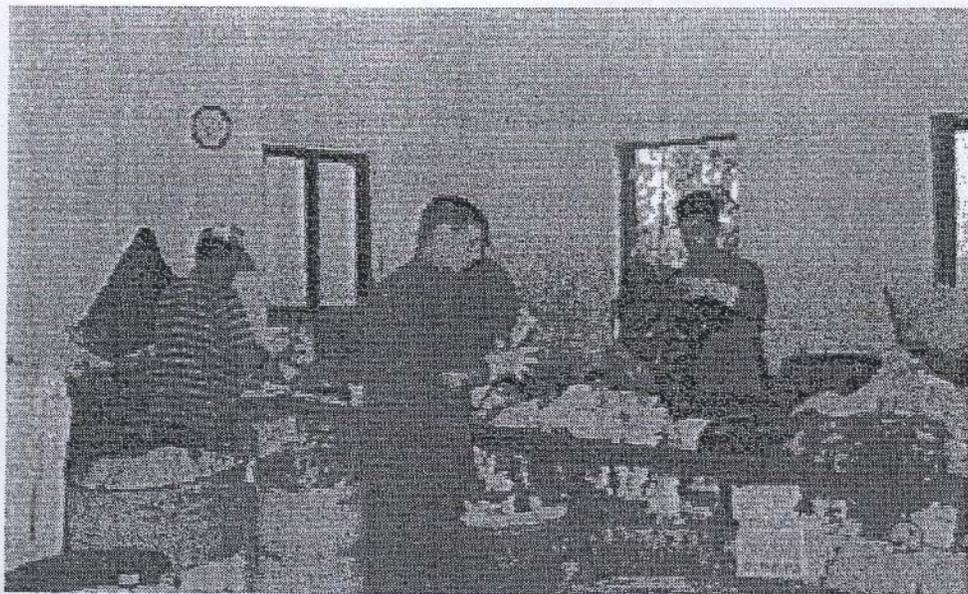
Neste ponto, os sistemas que unem as diferentes partes de um produto, chamados Elementos de Junção, são fundamentais para minimizar este problema. O chamado DfD (Design for Disassembly) também é condição necessária para atingir esta meta pois facilita a desmontagem e por fim a reutilização, o reprocessamento e a reciclagem. Elementos de junção eficazes tendem a facilitar essa desmontagem, tornando mais atrativa sua prática, principalmente em centros de triagem, que são os maiores envolvidos no destino e separação dos componentes de um produto.

De acordo com Turra (2002), na Europa muitos fabricantes têm que responder sobre o destino final dos seus produtos, em parte por causa do desenvolvimento das legislações de responsabilidades do fabricante e do alto nível de conscientização ambiental existente naqueles países. De acordo com o Departamento de Limpeza Urbana (DMLU) do município de Porto Alegre (RS), 100% da população da cidade é atendida com a coleta seletiva periódica, onde este lixo é revertido para Unidades de Triagem situadas na periferia da cidade. Nestes Centros trabalham pessoas que realizam a separação dos materiais e os vendem a empresas que fazem a reciclagem.

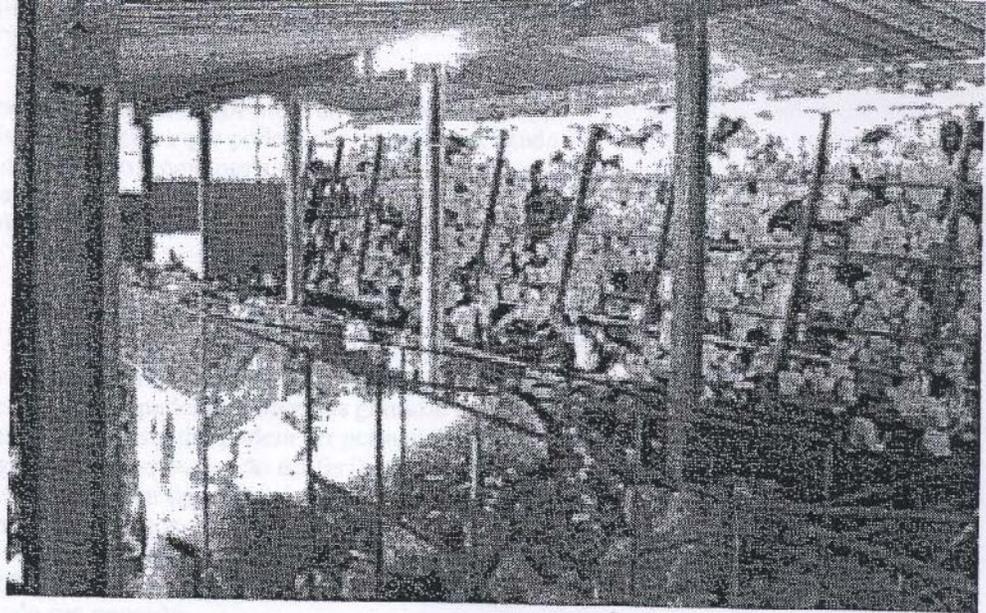
O Ecodesign possui uma grande importância em todas as etapas do ciclo de vida dos produtos, influenciando diretamente na fase final deste ciclo, já que considera os problemas ambientais nas atividades projetuais: a concepção de desmontagem, separação dos materiais e correta disposição final dos mesmos. Os diversos produtos, assim projetados, terão um maior valor agregado, ainda no final de sua vida útil, que será relevante para o sucesso da completa separação e reciclagem dos materiais, evitando a disposição inadequada de resíduos produzidos diariamente.

Pesquisou-se os principais elementos de junção presentes nos produtos descartados nos Centros de Triagem da região metropolitana de Porto Alegre. Inicialmente, foram coletados diversos produtos, utensílios domésticos em geral, desde aparelhos de barbear até computadores, e então efetuado o processo de desmontagem dos mesmos em laboratório.

Durante os devidos desmontes, foi analisada a dificuldade ou facilidade deste processo, fazendo uma analogia com a montagem, focando na identificação dos elementos de junção de componentes e materiais dos produtos. Para um esclarecimento ainda maior sobre o problema, foram visitados dois Centros de Triagem: Centro de Triagem em Dois Irmãos (figura 2), na Região Metropolitana, e o Centro de Triagem da Vila Pinto (figura 3), em Porto Alegre. O trabalho desenvolvido nos centros de triagem se baseia em separar componentes de um determinado produto e avaliá-los, analisando assim uma possível reutilização do mesmo. Nestes centros se encontram esteiras por onde passam diversos produtos recolhidos na cidade, porém separar os diferentes componentes do produto é a grande dificuldade encontrada pelos trabalhadores destes locais. A partir dos dados obtidos foi possível estudar cada caso, classificando e catalogando os diferentes elementos de junção de acordo com suas funcionalidades e seu comportamento no processo de montagem/desmontagem.

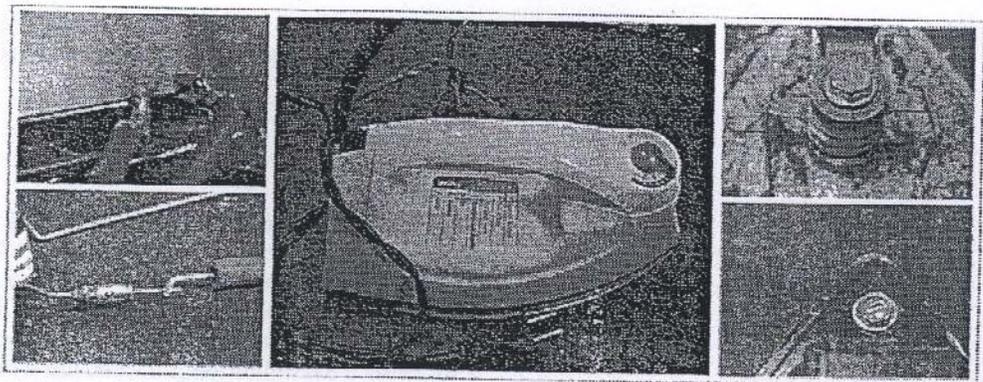


*Figura 2: Centro de Triagem em Dois Irmãos. (Cidade da Região Metropolitana).*



*Figura 3: Centro de Triagem da Vila Pinto. (Porto Alegre).*

Foram identificadas 13 categorias que englobam os elementos de junção mais utilizados pelos fabricantes, conforme mostra a tabela 1. Os elementos de junção foram fotografados em suas diversas aplicações e catalogados segundo os princípios do DID. A figura 4 ilustra alguns elementos identificados no processo de separação dos componentes de um produto.



*Figura 4: Alguns elementos de junção encontrados no Eletrodoméstico (ferro de passar).*

AÇÃO MAGNÉTICA	<p>Este princípio tem a característica de fixar por meio da atração magnética. Existem os ímãs naturais e os induzidos que podem ser controlados, sendo úteis em algumas áreas de produção, como por exemplo em chapas de fresas para fixar a peça a ser usinada. Um exemplo de utilização deste princípio é quando recados são presos ao refrigerador, por uma manta magnética.</p>
ADESÃO	<p>Este princípio de junção requer o uso de material que permita o processo de colagem. As substâncias colantes podem ter diversos graus de poder de adesão, conforme a necessidade do usuário, podem ser permanentes ou temporárias. Uma vantagem deste tipo de junção é a facilidade de penetrar em superfícies irregulares, por se tratar de materiais com viscosidade adequada para tal função. São elementos que podem ter propriedades secundárias tais como: vedante e/ou "fusível mecânico". Esta propriedade pode ser observada nos blocos de notas "Post-It", que possuem um baixo poder de fixação facilitando sua remoção.</p>
AMARRAÇÃO	<p>Os elementos são unidos através de fios ou fitas que são enrolados, envolvendo ou transpassando as superfícies a serem unidas. É possível observar este princípio na ancoragem de navios nos portos marítimos e fluviais.</p>
ATRITO	<p>Consiste em fixar um elemento a outro somente com a força resultante do atrito entre duas superfícies. É através dele que existe a possibilidade de nosso deslocamento.</p>
DEFORMAÇÃO	<p>Este princípio está relacionado com a mudança na forma da estrutura original, pois o material é deformado plasticamente para provocar a fixação das partes. Esta é uma mudança permanente ao contrário do princípio da memória. É um tipo de fixação rígida, na maioria dos casos não permite graus de liberdade. Utiliza-se este princípio quando, por exemplo, é fixado um fio a um conector, normalmente o conector é amassado prendendo o fio a seu corpo devido a sua deformação.</p>
ENGATE	<p>São uniões feitas por intermédio do acoplamento de uma peça em outra provocando a fixação entre peças. Apresenta dois graus de interferência pois só existe um sentido para o desengate, caso as solicitações se dêem em sentido diverso do desengate, pode ocorrer seu rompimento com possível quebra do material. A função maior deste princípio de junção é a de permitir uma maior facilidade para a separação dos componentes do engate. Esta característica permite, por exemplo, que se utilize este tipo de fixação para rebocar um trailer. As peças que unem o automóvel ao reboque são um tipo de engate; sua união é feita através de um pino e um furo, este pino normalmente é fixado no automóvel enquanto o reboque possui uma espécie de luva, que quando encaixada no pino provoca a união.</p>

INTERFERÊNCIA	<p>Para que ocorra o princípio da Interferência são necessárias diferenças de dimensões nas áreas de junção. A peça externa é chamada de "furo" e a peça interna é chamada de "eixo"; a dimensão do eixo deve ser maior do que a dimensão do furo antes da montagem. Portanto para que se realize este princípio de junção é necessário aquecer o furo e/ou resfriar o eixo, ou ainda pode-se montar esta junção por pressão do eixo no furo, provocando interferência entre as áreas de contato impedindo que se solte. É desta forma que é fixada a carga no corpo transparente da caneta BIC.</p>
MEMÓRIA	<p>Ocorre por efeito da rigidez de um material, isto é, quando a junção se realiza por meio da pressão exercida sobre um sistema, esta pressão se dá por intermédio da tendência que o material tem em voltar a sua forma original (memória). A diferença de rigidez entre os materiais possibilita o controle da força exercida sobre o sistema, desta maneira podemos determinar uma pressão limite para o conjunto. Um caso comum de uso deste princípio é o cliques aonde existe uma rigidez tal que possibilita adequar a força para abri-lo e ao mesmo tempo que o sistema consiga fixar um certo número de folhas, após cessada a aplicação desta força devido ao efeito de "memória". Este princípio pode ser observado no cliques de uma lapiseira, por exemplo, com ele podemos observar muito facilmente este princípio pois, precisamos exercer uma leve força para abrir o cliques e quando esta força é cessada ocorre o princípio da memória, com o cliques voltando ao seu estado original.</p>
PREENCHIMENTO	<p>Neste princípio ocorre a união através da ocupação dos espaços ao redor do produto a ser fixado. Requer a utilização de material com características de fluidez adequada para tal fim. Este tipo de junção é utilizado em embalagens, por exemplo, alguns equipamentos eletrônicos vêm em caixas preenchidas com poliuretano expandido.</p>
ROSQUEAMENTO	<p>O rosqueamento consiste em fixar as partes através de espiral que chamamos de rosca. Devem existir normalmente duas peças com rosca para que possamos dar aperto, a peça externa é conhecida como porca e a interna chamamos de parafuso. É um método de junção não permanente, resistente a tração. Possui um sentido de aperto (torque). Utiliza-se este tipo de fixação quando é necessário desmontar o produto, por exemplo para manutenção. Um exemplo de utilização deste princípio são as rodas de automóveis que por eventualmente necessitarem de reparo, são fixadas ao cubo de rodas através de parafusos.</p>
SUCCÃO	<p>Este princípio produz a junção por retirada do ar existente entre as partes, isto faz com que se crie vácuo, permitindo assim a união das superfícies. As características deste princípio não permitem grau de liberdade, pois quando movida a peça, o ar penetra entre as superfícies eliminando a junção. Pode ser um tipo de junção permanente ou não. Este princípio é muito utilizado por vidraceiros para transportar grandes peças de vidro.</p>
TRAVAMENTO	<p>Com este princípio provoca-se o bloqueio do movimento em uma ou mais direções. É colocado um anteparo para que a peça não se movimente, limitando os graus de liberdade. Utiliza-se este princípio, por exemplo, quando se tem um eixo que transmite torque a outra peça através de uma chave.</p>

O processo de criação do CD-ROM iniciou-se com o estudo de layout, o qual deveria ser capaz de acomodar as informações, apresentando uma interface amigável, simples e funcional. Entre os diversos layouts sugeridos, o que melhor se adequou às condições impostas foi o apresentado na figura 5. Concluída esta etapa, foram elaborados o sistema de menus, a disposição das informações e a interatividade com o usuário. Devido a grande quantidade de dados que compõem a mídia, foi necessário criar um sistema de menus que possibilitasse o fácil acesso às informações. Para que isto fosse possível utilizou-se o software Macromedia Flash, ferramenta multimídia que conferiu o dinamismo necessário ao desenvolvimento do CD-ROM.

Foi gerado um sistema composto por três menus: Menu Inferior, Menu Esquerdo e o Sub-Menu Inferior (figura 5). O Menu Inferior, o qual é sempre visível na tela, direciona o usuário para as cinco grandes áreas do CD-ROM. Uma vez determinada a seção desejada, uma animação intuitiva chama a atenção do usuário para o Menu Esquerdo, este por sua vez irá apresentar os itens da seção. As informações acessadas por este menu são visualizadas na parte central da tela. Em seções em que há mais de uma sub-divisão, como nas seções "Etapas do Ecodesign" e "DfX", são apresentados também links através do Sub-Menu Inferior.

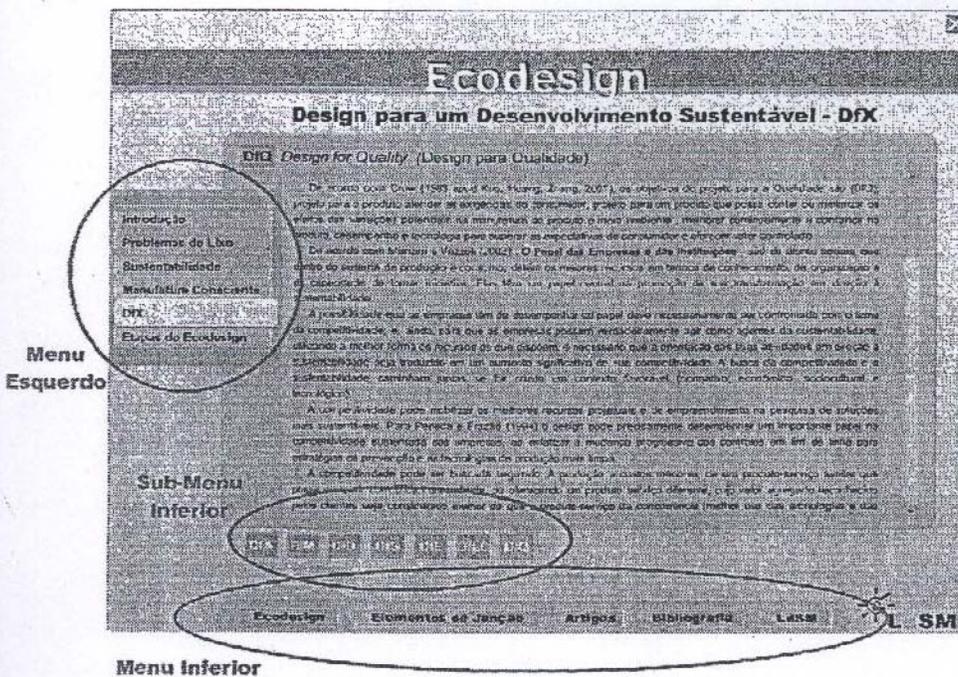


Figura 5: Layout e sistema de menus selecionados para comporem o CD-ROM ECODESIGN.

Conforme já citado, para facilitar o acesso as informações do CD, foram criadas cinco diferentes seções, de acordo com o observado na parte inferior da figura 5. Nelas são distribuídos de maneira dinâmica e acessível os conteúdos que constituem a mídia: “Ecodesign”; “Elementos de Junção”; “Artigos”; “Bibliografia”; “LdSM”.

#### 4.1 Seção Ecodesign

A primeira seção introduz, de maneira didática, os conceitos básicos do Ecodesign, apresenta o sistema de coleta seletiva de lixo e o conceito de projeto sustentável. A seção Ecodesign (figura 6) auxilia na compreensão das demais áreas que compõem o CD, uma vez que apresenta o embasamento teórico, sendo também uma boa referência para pesquisas sobre o assunto. Esta seção é ainda subdividida em seis sub-seções: “Introdução”, “Problemas do Lixo”, “Sustentabilidade”, “Manufatura Consciente”, “DIX” e “Etapas do Ecodesign”.

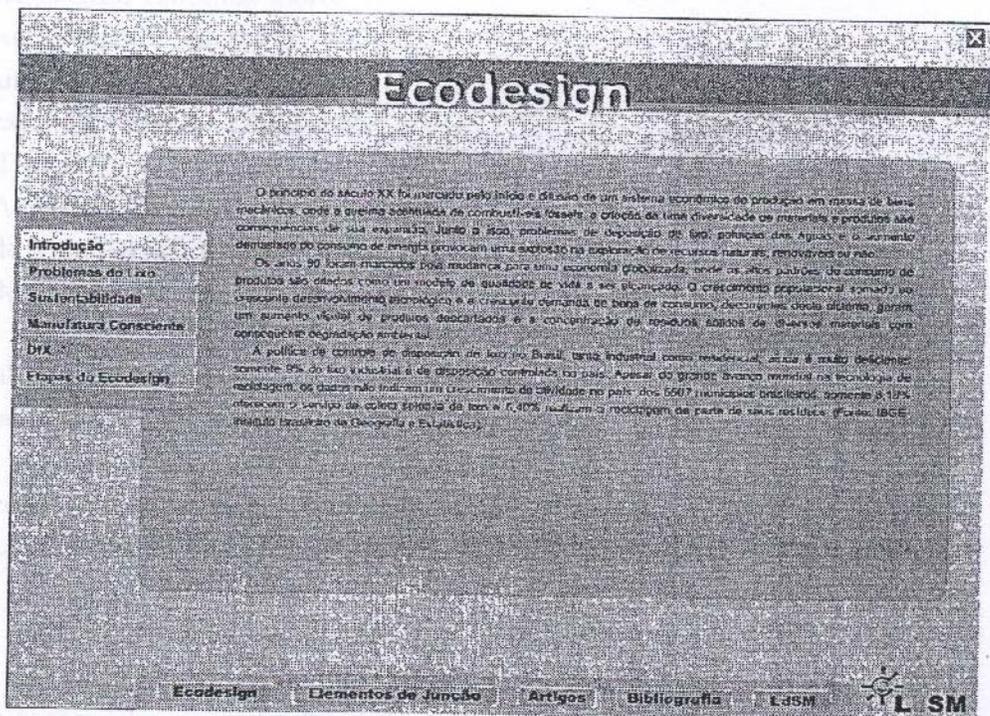


Figura 6: Primeira seção do CD ROM, apresenta aspectos teóricos do Ecodesign.

Na sub-seção Introdução o assunto é abordado de uma maneira geral, fazendo um pequeno retrospecto sobre o sistema econômico, a sociedade e a disposição do lixo dentro deste contexto.

A sub-seção Problemas do Lixo apresenta dados referentes destinação de resíduos no Brasil, classificação dos mesmos segundo a ABNT, aspectos epidemiológicos e ambientais do lixo e considerações sobre Coleta Seletiva no Brasil.

Em Sustentabilidade o CD-ROM reserva o espaço para considerações sobre o Desenvolvimento Sustentável, medidas possíveis para incorporá-lo e discussão sobre seus benefícios.

Em Manufatura Consciente, discute conceitos tais como: Reduzir, Reutilizar e Reciclar materiais; Ecoeficiência, Processos mais limpos, Produtos mais limpos, Uso de Recursos Sustentáveis, Ecologia Industrial.

Na área DfX é apresentada a metodologia que, segundo Kuo, Huang e Zhang (2001), é expressa como: Design for "X" em que "X" representa a característica de um produto que deva ser maximizada, como facilidade de manutenção, desmontagem, serviços, etc.

Nesta sub-seção são apresentados conceitos sobre:

- Design para Montagem (Design for Assembly - DfA);
- Design para Manufatura (Design for Manufacture - DfM);
- Design para Desmontagem (Design for Disassembly - DfD);
- Design para Serviço (Design for Service - DfS);
- Design para o Meio Ambiente (Design for Environment - DfE);
- Design para o Ciclo de Vida (Design for Life Circle - DfLC);
- Design para Qualidade (Design for Quality - DfQ).

A abordagem ambiental no desenvolvimento de estratégias de projetos de produto deve assumir o mesmo grau de importância de objetivos como, por exemplo, a eficiência, estética e ergonomia. Tal abordagem para "Ecoprodutos" depende de certas etapas a serem consideradas desde a concepção do mesmo. A sub-seção Etapas do Ecodesign (figura 7) apresenta as oito ondas do Ecodesign:

1ª) A administração da organização deve adotar estratégias conforme requisitos ambientais;

2ª) Seleção de Materiais apropriados e que resultem em menor impacto ao ambiente;

3ª) Redução de Materiais: dimensões do produto, redução do volume;

4ª) Otimizar técnicas de produção;

5ª) Sistema de distribuição: embalagens retornáveis, evitar materiais desnecessários;

6ª) O projeto deve prever a redução no consumo de energia, água ou materiais auxiliares no uso do produto;

7ª) Desenvolver produtos com tempo de utilização adequado;

8<sup>ª</sup>) Considerar possibilidades de reutilização, reprocessamento e reciclagem de todo o produto ou partes do material.

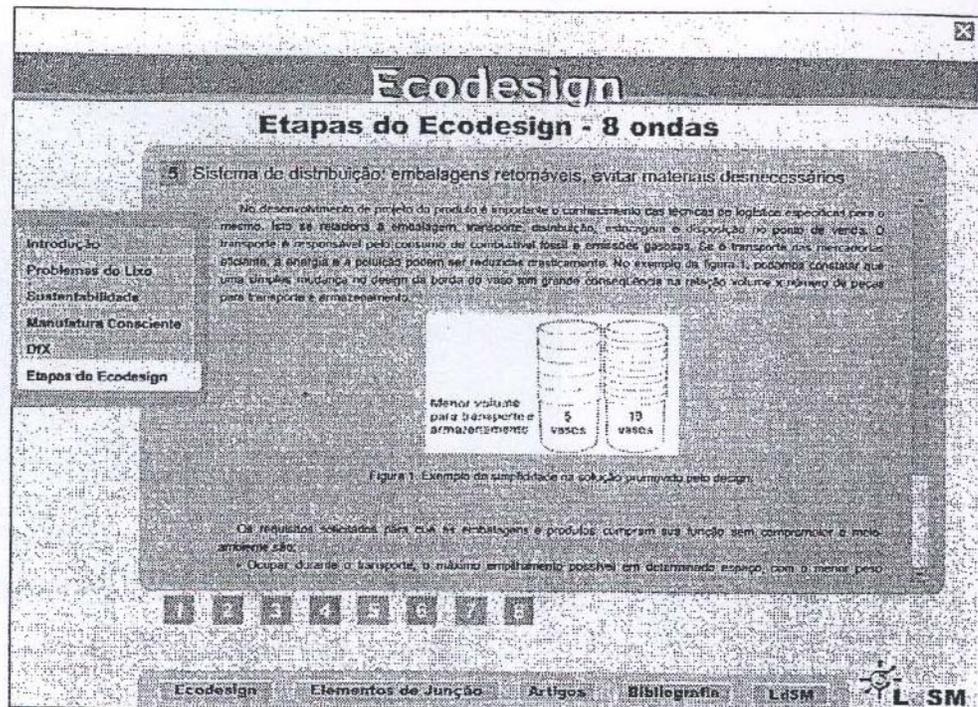


Figura 7: Sub-seção Etapas do Ecodesign, apresenta as oito ondas do Ecodesign.

#### 4.2 Seção Elementos de Junção

É a seção chave do CD ROM, nela são apresentados os principais elementos de junção anteriormente identificados nas visitas aos centros de triagem. A classificação dos elementos foi disposta em forma de lista, de acordo com a facilidade ou dificuldade identificada durante a desmontagem da peça. Assim, os elementos encontram-se em duas colunas:

Coluna Verde:

Elementos de junção que possibilitam a reutilização e/ou reciclagem, baseando-se em conceitos do ECODESIGN (figura 8).



Figura 8: Elemento de Junção classificado como pertencente a lista verde.

#### Coluna Vermelha:

Elementos de junção que dificultam ou inviabilizam a reciclagem e/ou reutilização dos materiais, confrontando-se com os conceitos básicos do ECODESIGN (figura 9).



Figura 9: Elemento de Junção classificado como pertencente a lista vermelha.

Navegando por esta seção o usuário pode acessar cada elemento de junção separadamente, observar os casos em que ele é indicado ou em que ele não é aconselhado. A maioria dos elementos de junção apresenta tanto aplicações recomendadas quanto não-recomendadas, segundo o ecodesign. Devido ao grande número de informações contido em cada um dos elementos foi criada uma sub-seção: Comparar Elementos, o layout pode ser visualizado na figura 10. Assim é possível observar dois elementos lado a lado, e realizar uma melhor comparação sobre as informações de cada um deles.



Figura 10: Comparação entre diferentes elementos de junção.

### 4.3 Seção Artigos

Nesta seção é apresentada uma seleção de artigos científicos, pertinentes ao tema, produzidos pela equipe do LdSM. Tais pesquisas auxiliaram no processo de criação do CD ROM e são boas referências acerca do assunto (figura 11).

### 4.4 Seção Bibliografia

Nesta seção são listadas as referências bibliográficas utilizadas na criação desta mídia. Foram fontes de pesquisa Livros, Periódicos, Teses/Dissertações, CD's e Sites da Internet (figura 12).

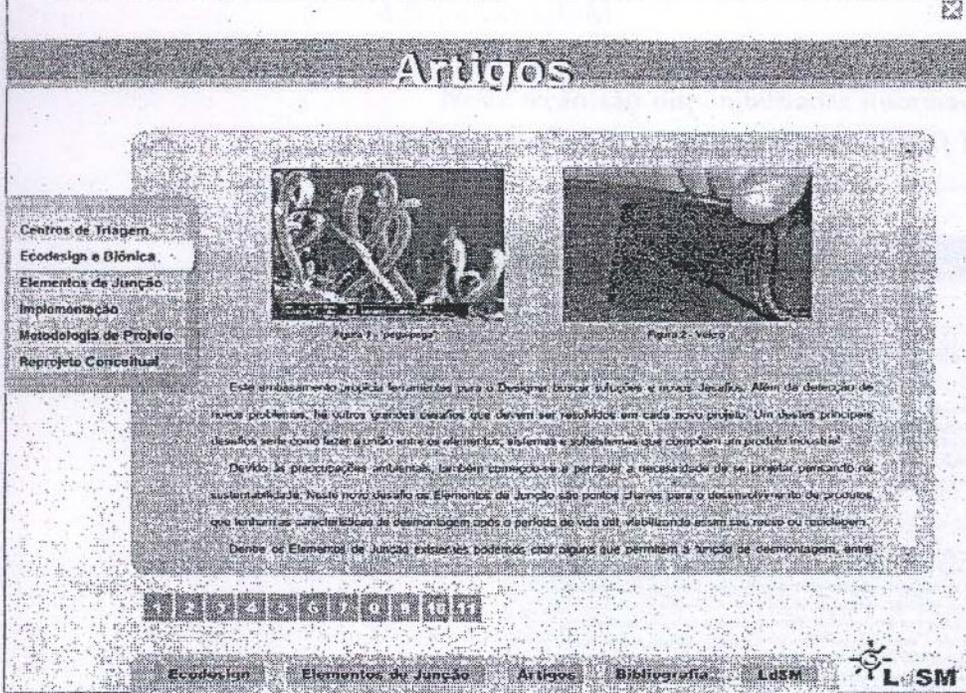


Figura 11: Seção Artigos.

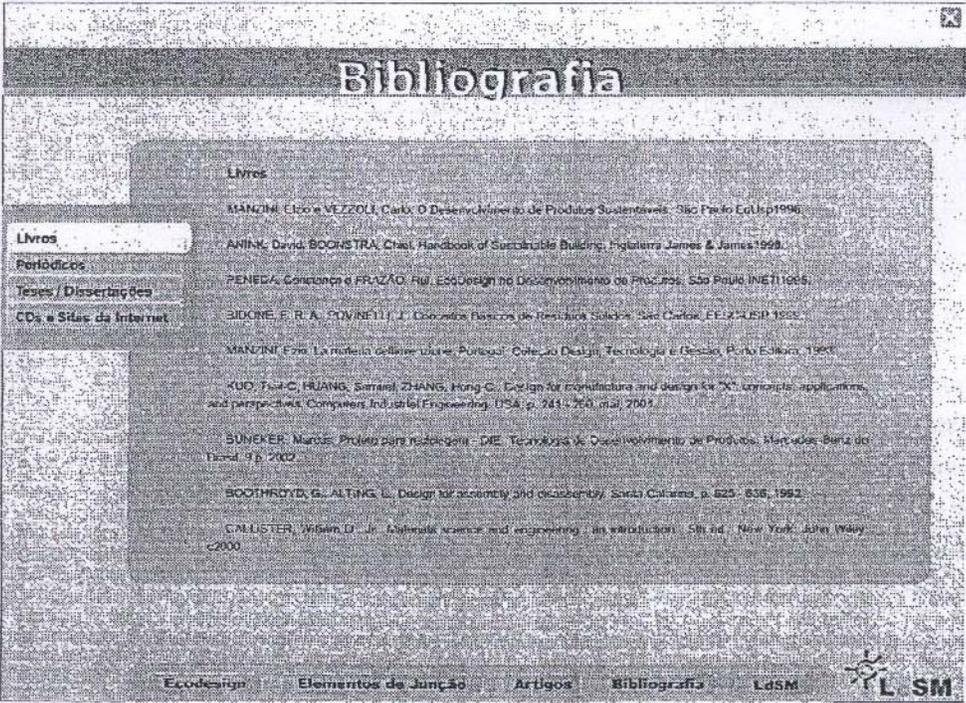


Figura 12: Seção Bibliografia.

Nesta seção são disponibilizadas informações referentes ao LdSM, suas linhas de pesquisa, contatos e créditos do CD ROM (figura 13).

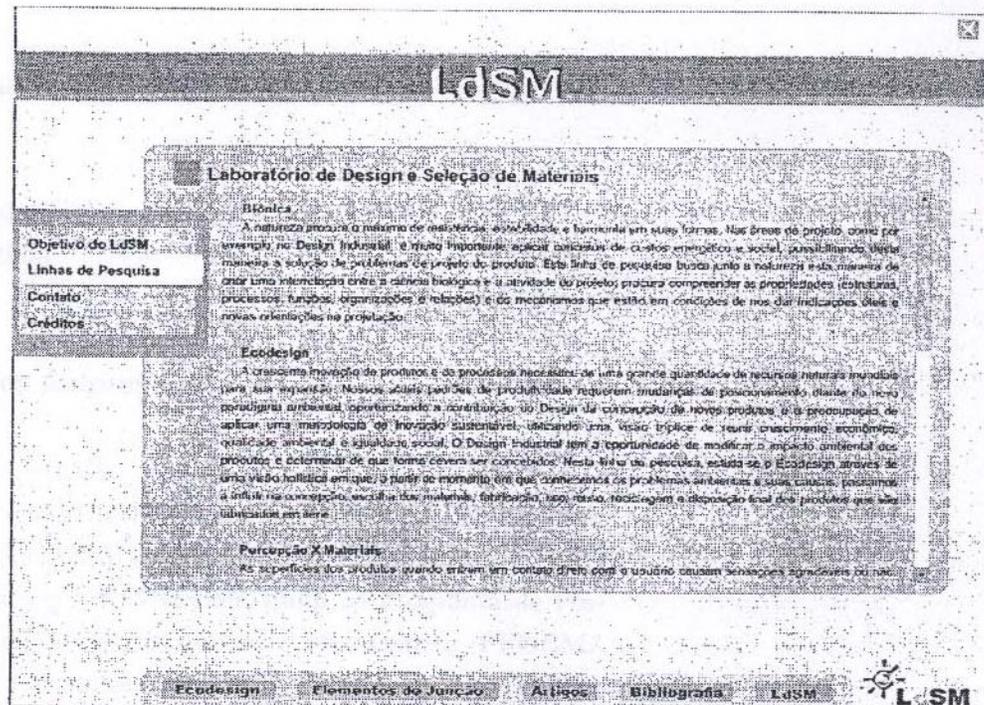


Figura 13: Seção LdSM.

## 5. Conclusão

O LdSM espera com este estudo, auxiliar os projetistas no que diz respeito às formas de união e desunião das partes de um produto, pensando inicialmente nos princípios de junção que o compõe. Espera-se também, através desta abordagem, permitir a organização dos princípios para a classificação dos métodos de união tornando-os uma ferramenta de análise para os designers no desenvolvimento dos sistemas e subsistemas que compõe a montagem de um produto industrial, bem como a sua desmontagem.

O desenvolvimento de projetos sustentáveis é possível, basta iniciativa e comprometimento, tanto por parte das empresas e responsáveis técnicos quanto por parte da sociedade. É preciso enfrentar este problema com pelo menos duas principais frentes: a primeira frente é a capacitação de profissionais que trabalhem na triagem de resíduos, contando com infra-estrutura, treinamento, respeito e valorização; poder público consciente exercendo seus deveres e cobrando seus direitos. A outra frente é a responsabilidade direta do Designer do produto que deve atuar com uma preocupação ambiental, promovendo a interligação entre os demais setores, redução de resíduos, minimização do

número de materiais utilizados, economia de matéria prima, recursos naturais e energia desde a concepção até o fim da vida do produto.

## Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio do CNPq.

Recebido em 10/01/2007

Aprovado em 16/01/2008

## Resumo dos Currículos dos Autores

### M.Sc FÁBIO PINTO DA SILVA

Fábio Pinto da Silva, Engenheiro Mecânico formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Mestre em Engenharia, Área de Concentração Ciência e Tecnologia de Materiais, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalúrgica (PPGEM/UFRGS), atua há 6 anos no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM). Possui experiência em Prototipagem, Usinagem CNC, Digitalização 3D a laser e em simulação com elementos finitos (CAD/CAE/CAM). E-mail: ndsm@ufrgs.br . Endereço: LdSM - Av. Osvaldo Aranha, 99/604 – Centro – CEP 90035-190 – Porto Alegre.

### FELIPE FERREIRA LUZ

Felipe Ferreira Luz, acadêmico de Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), atua há 2 anos no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM). Atualmente desenvolve pesquisa nas áreas de Seleção de Materiais e Ecodesign. E-mail: ndsm@ufrgs.br . Endereço: LdSM - Av. Osvaldo Aranha, 99/604 – Centro – CEP 90035-190 – Porto Alegre.

### LUIS HENRIQUE ALVES CÂNDIDO

Luis Henrique Alves Cândido, Designer, formado em Desenho Industrial e mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalúrgica (PPGEM/UFRGS), sendo bolsista de pesquisa no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM), atuando na área de Ecodesign e Elementos de Junção. Com sólidos conhecimentos na área de processos de fabricação, ampla experiência na área de Projeto de Produto e Design junto a Indústria. E-mail: ndsm@ufrgs.br . Endereço: LdSM - Av. Osvaldo Aranha, 99/604 – Centro – CEP 90035-190 – Porto Alegre.

Prof. Dr. WILSON KINDLEIN JÚNIOR

O Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior, Coordenador do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM), é Pós-Doutor em Design Industrial e Doutor na área de Engenharia dos Materiais, com experiência de vários anos na área de Design e Seleção de Materiais e com experiência industrial. O laboratório LdSM pertencente ao Departamento de Materiais (DEMAT) da Escola de Engenharia (EE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sendo também integrante do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais - PPGEM/UFRGS. O LdSM é um Grupo de Pesquisa cadastrado no CNPq - Diretório 6.0 e está estruturado em 6 linhas de pesquisa ([www.ufrgs.br/ndsm](http://www.ufrgs.br/ndsm)). Atualmente o LdSM conta com 37 pessoas no Grupo de Pesquisa. E-mail: [ndsm@ufrgs.br](mailto:ndsm@ufrgs.br). Endereço: LdSM - Av. Osvaldo Aranha, 99/604 - Centro - CEP 90035-190 - Porto Alegre.

## Referências

- SHANIAN, A. A material selection model based on the concept of multiple attribute decision making. *Materials and Design*, n.º27, p. 329-337, 2006.
- LJUNGBERG, Y. Materials selection and design for development of sustainable products. *Materials and Design*, 2005
- KINDLEIN, W. Estudo da Melhoria da Sustentabilidade de Projeto de Novos Produtos Baseados na Biônica. In: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Indaiatuba - SP, 6 a 9 nov. 2002. Anais do I Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 2002.
- ROOSEMBURG, N. *Product Design: Fundamentals and Methods*. West Sussex, UK, Wiley, 1996.
- LOWE, Ernest. Industrial ecology: a context for Design and decision. In: FIKSEL, Joseph. *Design for environment: creating eco-efficient products and processes*. Cap.25. New York: McGraw-Hill, 1996.
- MANZINI, Elzio e VEZZOLI, Carlo. *O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis*. São Paulo EdUsp1998.
- ANINK, David, BOONSTRA, Chiel. *Handbook of Sustainable Building*. Inglaterra James & James1998.
- PENEDA, Constança e FRAZÃO, Rui. *EcoDesign no Desenvolvimento de Produtos*. São Paulo INETI1995.
- BIDONE, F. R. A., POVINELLI, J.. *Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos*. São Carlos, EESC-USP 1999.
- MANZINI, Ezio. *La materia dell'invenzione*, Portugal, Coleção Design, Tecnologia e Gestão, Porto Editora, 1993.
- KUO, Tsai-C, HUANG, Samuel, ZHANG, Hong-C.. *Design for*

manufacture and design for "X": concepts, applications, and perspectives.  
Computers Industrial Engineering, USA, p. 241 - 260, mai, 2001.

BUNEKER, Marcus. Projeto para reciclagem - DfE. Tecnologia de Desenvolvimento de Produtos. Mercedes-Benz do Brasil.

BOOTHROYD, G., ALTING, L. Design for assembly and disassembly. Santa Catarina, p. 625 - 636, 1992.

## **APENDICE 4**

### **Ecodesign Aplicado**

**Título:** Ecodesign como Metodologia para o Desenvolvimento Tecnológico da Região do Vale dos Sinos

**[www.feevale.br](http://www.feevale.br) (Centro de Design)**

## 1. Ecodesign Aplicado

O trabalho intitulado “**Ecodesign como Metodologia para o Desenvolvimento Tecnológico da Região do Vale dos Sinos**” é desenvolvido no Centro de Design da Feevale/NH, em parceria com a Associação de Artesãos de Novo Hamburgo, e visa através do reaproveitamento de resíduos de materiais, como madeira, tecidos e couro de indústrias da região, desenvolver a consciência e a prática do Ecodesign junto à comunidade da região. O projeto prevê a doação de materiais descartados pela indústria no processo produtivo, a participação de associações ou instituições visando qualificar o Design dos Produtos, e a participação de alunos Voluntários do Curso de Graduação em Design, no apoio ao processo de melhoria do produto desenvolvido pelo artesão. A figura 1 mostra o organograma de estratégia organizacional do projeto.

Ao avaliar o organograma operacional, fica evidenciado que os três pilares principais são constituídos pelos alunos voluntários, pelas associações e pelas empresas, sendo que, se um desses integrantes não estiver presente o projeto fica prejudicado. Esse comprometimento chama-se Cumplicidade Ambiental, no qual cada grupo é responsável pelo sucesso do projeto como um todo e não em partes. O organograma mostra o ganho que cada componente obteve no projeto.

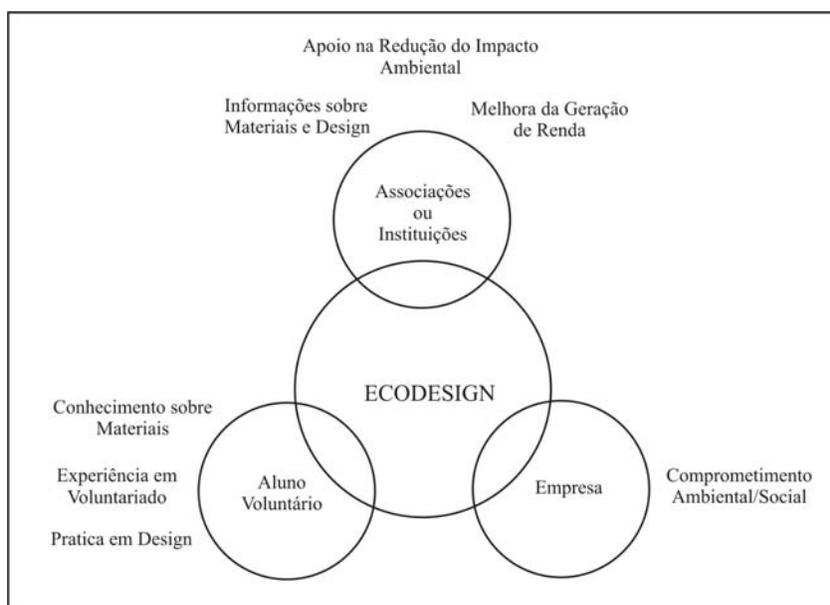


Figura 1 – Organograma do projeto.

O método proposto para o levantamento de informações é o da pesquisa ação, e esta voltada para a intervenção e transformação das questões relativas ao Design de Produtos e aos Materiais. A análise e discussão de dados são realizadas no âmbito do paradigma quantitativo, onde se utiliza a abordagem metodológica em desenvolvimento de produtos, com a aplicação da metodologia intitulada "Metodologia de Ecodesign para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis". Esta abordagem é compatível com os pressupostos da pesquisa, uma vez que este método é matéria principal da Metodologia de Projeto do Curso de Design da Feevale, no qual o autor é professor. O projeto segue a seqüência operacional descrita na tabela 1:

Tabela 1 – Etapas do projeto.

<b>ETAPAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
1	Contatar com possíveis empresas doadoras de material;
2	Definir e contatar entidades, como associação de artesãos, que poderão participar do projeto;
3	Explanação do projeto à empresa, evidenciando a necessidade de continuação da parceria empresa/entidade ao término do projeto, realizando reuniões com empresas participantes e entidades envolvidas, visando aproximar os parceiros do projeto;
4	Definição dos materiais a serem doados. É utilizado somente resíduos de classe 2, conforme legislação vigente do Município. Neste item, o gerenciamento dos resíduos será feito pela empresa que faz a doação dos materiais.
5	Pré-avaliação das entidades participantes do projeto, evidenciando o nível em Design de Produto atualmente desenvolvido, e a quantidade de materiais reciclados utilizado.
6	Definir transporte do material e implicações legais;
7	Selecionar alunos voluntários para participar no projeto. O voluntário atua como orientador em Design, mostrando as possibilidades de análise de tendências, com foco na auto-suficiência do artesão após o termino do projeto;
8	Auxiliar a definição de metas junto às entidades quanto ao desenvolvimento de produtos, e apresentar o aluno voluntário, a entidade selecionada;
9	Realizar avaliação, do nível de Design de Produto alcançado pelo artesão, a quantidade de materiais descartados e a geração de renda oriunda do aprimoramento do Design dos produtos ao final do projeto.

Conforme exposto anteriormente, este trabalho tem como foco principal disseminar a importância do Ecodesign junto à comunidade e à indústria da Região do Vale dos Sinos, visando à redução do impacto ambiental gerado pelos resíduos (materiais)

oriundos de atividades industriais. Para a sua viabilidade, buscaram-se parcerias em setores da comunidade que pudessem participar do desenvolvimento e implementação desta proposta.

Neste sentido foi estabelecida a participação da Associação dos Artesãos de Novo Hamburgo. Esta entidade, composta por mais de 100 associados, desenvolve alguns de seus trabalhos reutilizando resíduos sólidos industriais, comerciais e domésticos.

O projeto tem como balizador inicial, o problema enfrentado pelas cidades que compõem a Região do Vale dos Sinos, no que se refere ao descarte de materiais oriundo das indústrias tanto do calçado, de moveis e metal mecânico. Durante a prospecção inicial do projeto, foi visitada uma central de depósito de resíduos do calçado em Dois Irmãos/Novo Hamburgo-RS, que recebe material há aproximadamente oito anos. Na figura 2, observa-se a Central de Resíduos e os depósitos de materiais descartados pela indústria da região. Na figura 2A tem-se a prensagem dos fardos para disposição, na figura 2B observa-se o armazenamento dos fardos e na figura 2C os materiais depositados e isolados do ambiente.



Figura 2 – Disposição atual dos materiais descartados pela indústria calçadista da Região do Vale dos Sinos.

Ao analisar o processo de disposição dos materiais, observa-se que o problema do descarte pela indústria pode ser teoricamente minimizado. Embora cada empresário arque como os custos desse depósito, isso gera um menor impacto econômico em relação a pesadas multas que venham a ser impostas. Nesse sentido, no projeto foi verificado que o problema pode ser reduzido antes de chegar ao descarte final dos materiais, necessitando para isso, uma prévia verificação de possibilidades de uso.

A indústria, por sua vez, vem entendendo a importância da parceria em projetos que resultem em soluções ecológicas para a criação de novos produtos. Além do mais, ao

acreditar nesse projeto, ela reduz também seu investimento na disposição de resíduos, pois uma parte deste, é reutilizada antes do descarte final.

O projeto apresentado evidência a estreita relação entre Design e Materiais no reaproveitamento de materiais, com foco na redução do impacto ambiental e na geração de renda, através da melhora do Design dos produtos. Todos os materiais doados pela indústria, foram cadastrados no Laboratório de Materiais da Feevale, para que tanto acadêmicos de Engenharia, de Design e da própria comunidade, tenham acesso a esses materiais e suas características básicas.