

# Gestão da informação para a desmontagem do produto

Odésio Martinhão Filho (UNIFEI) [amartinhao@uol.com.br](mailto:amartinhao@uol.com.br)  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva (UNIFEI) [sanches@unifei.edu.br](mailto:sanches@unifei.edu.br)

## Resumo

*Este trabalho explora a necessidade da gestão da informação que auxiliará o projetista no desenvolvimento de produtos que tenham na sua concepção, a preocupação ambiental relacionada ao processo de desmontagem, para que ocorra de forma eficiente, com custos reduzidos e com o mínimo de impacto ambiental. Assim, o objetivo deste trabalho foi reunir um conjunto de informações internas e externas à organização, que se fazem necessárias para que a variável “desmontagem” seja levada em conta no desenvolvimento do produto.*

*Palavras chave: Desmontagem, Recuperação, Ciclo de Vida.*

## 1. Introdução

O mundo moderno experimentou, nas últimas décadas, um vertiginoso desenvolvimento, propiciando ao homem, maior conforto e comodidade no seu dia-a-dia. Na mesma proporção do desenvolvimento de novos produtos e tecnologia, o homem passou a produzir rejeitos, em volume e quantidade, que a natureza não é capaz de absorver, deteriorando a qualidade de vida do planeta.

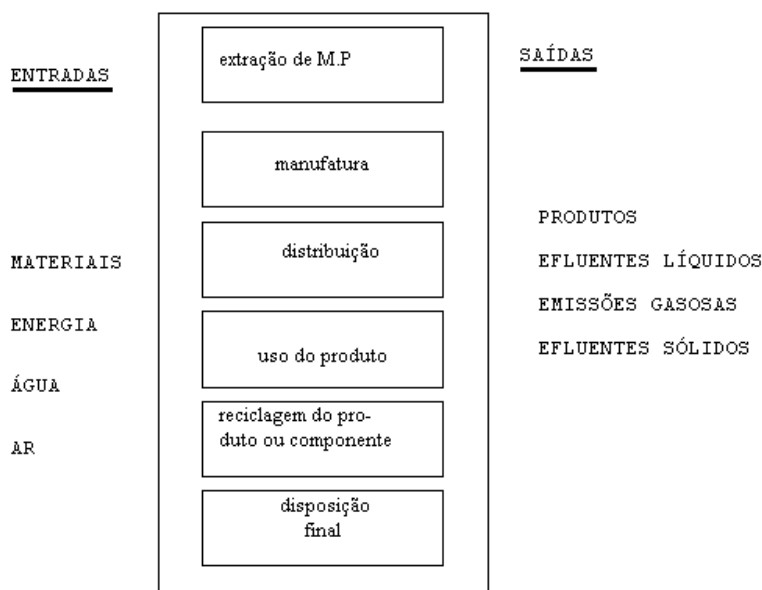
Para se diminuir o impacto dos produtos sobre a natureza é de extrema importância aplicar o projeto para o meio ambiente, tendo como premissa a questão da desmontagem, uma vez que a diminuição do impacto ambiental aumenta a competitividade dos produtos e evita problemas de responsabilidade legal, pois as leis ambientais têm se tornado, a cada dia, mais rígidas. Assim, o objetivo deste artigo é reunir e avaliar qual o impacto associado às informações, internas e externas à organização, que levam ao desenvolvimento de produtos e tenham como foco a diminuição do impacto ambiental ao final do ciclo de vida do produto.

## 2. O pensamento voltado para o ciclo de vida – uma visão geral

A abordagem sobre o ciclo de vida deveria ser capaz de definir a melhor estratégia de projeto, a fim de reduzir o impacto ambiental durante o ciclo de vida do produto. Isto pode afetar os estágios do ciclo de vida do produto, como mostrado abaixo:

- Extração de matérias-primas,
- Produção de materiais,
- Confeção das partes,
- Manufatura dos componentes e produtos semi-acabados,
- Montagem do produto final,
- Distribuição,
- Uso e manutenção,
- Tratamento no final da vida útil (reuso, desmontagem, reciclagem de materiais e produtos químicos utilizados, recuperação de energia, disposição final).

A figura abaixo apresenta as principais etapas do ciclo de vida de um produto.



Fonte: Duarte, 1997.

Figura 1 – Ciclo de vida do produto

### 3. O produto sustentável

A produção de produtos gerou anos de exploração inconseqüente da Terra, que pode ter um custo muito elevado para as gerações futuras. Dados disponíveis dão uma idéia desta exploração, como por exemplo, para cada 1 tonelada de produto fabricado, são geradas mais de 30 toneladas de resíduos entre perigosos, não-perigosos e inertes (DATSCHEFSKI, 2002).

No final da década de 70, o conceito de prevenção da poluição apareceu como uma alternativa econômica, cujo foco está no estabelecimento de tecnologias orientadas para a conservação do meio ambiente, que não envolve apenas o suprimento de matéria-prima e produção, mas também, num primeiro momento, o consumo e a disposição final dos produtos.

Mesmo com todos estes esforços, a questão ambiental continua crescendo. Com ênfase colocada no desenvolvimento sustentável em 1987, o conceito de prevenção da poluição tem sido amplamente utilizado pelas atividades industriais, pela avaliação do ciclo de vida completo dos produtos e por todas as outras atividades humanas, afetando a economia, o meio ambiente e a sociedade (BRUNDTLAND, 1987).

Estes três aspectos (econômico, ambiental e social) são o que hoje conhecemos como o tripé da sustentabilidade (ELKINGTON, 1998).

Assim, um produto sustentável será aquele totalmente compatível com a natureza durante todo o seu ciclo de vida (DATSCHEFSKI, 2002). E, de acordo com o *Environment Australia 2001*, a sustentabilidade dos produtos exige a aplicação de 6 princípios:

- Reduzir a quantidade de material necessário,
- Reduzir a quantidade de energia necessária,
- Reduzir a dispersão tóxica e aumentar a reciclabilidade dos materiais,
- Maximizar o uso de fontes renováveis,
- Estender a durabilidade dos produtos,

- Aumentar a possibilidade de manutenção dos produtos.

De acordo com os autores Azevedo & Fonseca (2002), “entre os desperdícios mais notórios encontram-se o não aproveitamento dos resíduos sólidos e a quase inexistência de iniciativas de redução de resíduos na sua origem, as indústrias”.

#### 4. O projeto do produto voltado para a desmontagem

Segundo os autores Lima & Romeiro (2001), na otimização do ciclo de vida de um determinado produto deve ser considerada a questão da desmontagem. Desta forma, o processo logístico reverso, definido como o processo que engloba a variável ambiental, é o que melhor se adequa à questão que envolve a desmontagem do produto.

O *Global Development Research Center* descreve que o projeto voltado para a desmontagem pode incorporar os seguintes benefícios:

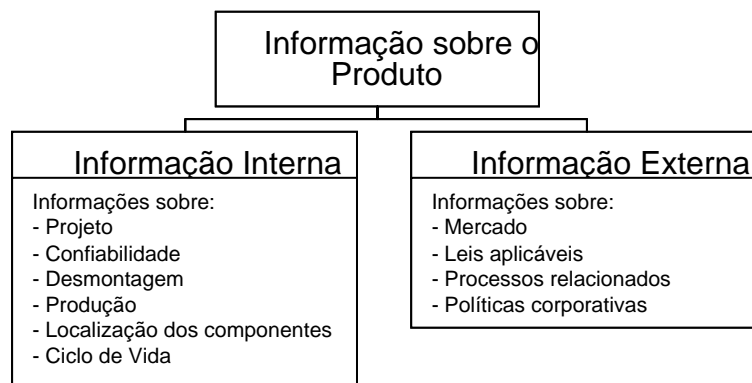
- Facilitar a manutenção e reparo, além da redução de custos,
- Facilitar a reutilização de partes e componentes, além de permitir a recuperação de materiais e a redução de custos,
- Auxiliar na reciclagem dos materiais, além de evitar o manuseio e disposição de resíduos,
- Auxiliar no teste do produto e na análise do modo e efeito das falhas,
- Facilitar o retorno do produto e a extensão da responsabilidade do produtor, além de auxiliar no atendimento legal e evitar potenciais reclamações.

#### 5. Informação sobre o produto

As informações requeridas para a decisão de recuperação do produto ao final do ciclo de vida pode ser classificadas em informações internas e informações externas.

Parlikad et al.(2003) descreve as exigências de informação e ilustra o papel da informação sobre o processo decisório relacionado ao ciclo de vida do produto.

A composição de cada uma destas categorias é mostrada na figura abaixo.



Fonte: Parlikad, 2003.

Figura 2 – Informação sobre o produto

Com base no anexo A do artigo “The impact of product identity information on effectiveness of product disassembly processes” de autoria de Ajith Kumar Parlikad será abordada cada uma das categorias citadas e o seu impacto sobre a decisão da desmontagem.

## **5.1 – Informação interna**

A informação interna, segundo Parlikad (2003) abrange todas as informações necessárias para se manter a identidade do produto através de todo o ciclo de vida e podem ser divididos em: informação de projeto, informação sobre a confiabilidade, informação sobre a desmontagem, informação sobre a produção, informação sobre localização e informação sobre o ciclo de vida.

### **5.1.1 – Informação sobre o projeto**

A informação sobre o projeto deve compreender a informação sobre a estrutura física do produto, isto é, informação sobre posição, tamanho, forma e peso dos componentes e módulos que existem dentro do produto.

Segundo Parlikad et al. (2003), esta informação é crucial durante a desmontagem para se identificar, localizar e recuperar componentes reutilizáveis e para se determinar a sequência de desmontagem. O peso e volume do produto têm consequências para a coleta, manipulação e armazenamento. Isto determinará, com frequência, a viabilidade econômica dos vários métodos de recuperação.

A informação a respeito da composição dos materiais utilizados nos componentes é essencial para se determinar seu valor de recuperação. O fornecimento desta informação permitirá aos recicladores tomar decisões apropriadas, sobre a melhor opção para se recuperar um determinado produto. A informação sobre a composição do material resultará na identificação dos componentes potencialmente perigosos utilizados e determinará o método apropriado de eliminação (disposição final).

Assim, esta informação permite aos recicladores determinar o nível ótimo “de desmontagem” ao final do ciclo de vida de um determinado produto.

### **5.1.2 – Informação sobre a confiabilidade**

A informação sobre a confiabilidade está relacionada aos parâmetros que descrevem a vida esperada dos componentes. A extensão do ciclo de vida dos produtos é um fator crítico que influencia as decisões sobre a desmontagem (PARLIKAD ET AL., 2003).

A disponibilidade da informação sobre a confiabilidade dos componentes ajudará na determinação da sua reutilização e valor residual com maior acurácia. Esta informação poderia ser fornecida nos termos de parâmetros geralmente utilizados em confiabilidade, tais como MTBF (Mean Time Between Failures – Tempo Médio entre Falhas), MTTR (Mean Time To Repair – Tempo Médio para Reparo), etc.

### **5.1.3 – Informação sobre a desmontagem**

Segundo Lima & Romeiro (2001), o projeto voltado para a desmontagem é uma das estratégias disponíveis para a concepção de produtos cuja reciclagem seja economicamente justificada. Uma vez que a gestão do ciclo de vida ganha, a cada dia, importância na indústria, aumenta-se o número de produtos que são projetados para a desmontagem. Entretanto, o processo de desmontagem não pode ser entendido como um processo de montagem inverso.

Duarte (1997), ressalta que o projeto do produto deve prever o desmonte visando a viabilidade do reuso, recuperação de componentes e reciclagem dos materiais. Isto provoca a geração de uma sequência ótima de desmontagem para um determinado produto, que termina quando o máximo valor possível foi recuperado deste produto. Como isto depende de vários fatores como das condições dos componentes, da sua vida residual e do seu valor ao final do ciclo de vida, é necessário gerar uma sequência de desmontagem dinâmica durante o próprio processo de desmontagem.

Desta forma, a realização de modificações voltadas para garantir a eficiência do processo de desmontagem deve estar definida no projeto do produto, viabilizando maiores oportunidades de ganhos ambientais, além de aumentar a eficiência dos custos e conduzir a uma possível redução dos componentes eliminados (FORCELLINI ET AL., 2001).

#### **5.1.4 – Informação sobre a produção**

Durante o processo de produção, o produto pode passar por diversas etapas produtivas tais como forjamento, soldagem, pintura, tratamento térmico, etc. que podem alterar as propriedades fundamentais dos materiais utilizados ou que necessitam de tratamento especial antes que possam ser desmontados.

Uma peça revestida com um determinado produto químico perigoso (que contenha óleo, resinas tóxicas, solventes, chumbo, mercúrio, cádmio, etc) necessitará passar por um tratamento especial antes que possa ser manuseado de forma segura durante a desmontagem.

Num outro exemplo, o projeto do produto poderia ter especificado uma junção com a utilização de um parafuso que, durante a produção, foi alterado para uma junção por solda que não pode ser separada por métodos não-destrutivos.

Isto está diretamente associado à sintonia entre os projetistas de processos e os projetistas de produto, garantindo que as informações sobre os processos produtivos estejam alinhadas com as informações necessárias para se garantir a desmontagem do produto. (LIMA & ROMEIRO, 2003).

Assim, a informação associada ao projeto do produto precisa estar atualizada e conter todas as mudanças relevantes ocorridas durante a sua produção. Isto auxiliará na redução da incerteza associada à estrutura e composição do produto ao final do ciclo de vida e reduzirá a incerteza durante o processo de desmontagem (PARLIKAD ET AL, 2003).

#### **5.1.5 – Informação sobre a localização**

Esta informação fornece a localização específica e a quantidade de componentes disponíveis e como eles se distribuem na cadeia produtiva durante o seu ciclo de vida.

A quantidade de componentes nos vários estágios do ciclo de vida associada com a informação sobre a expectativa de vida do produto (informação sobre a confiabilidade) auxilia na precisão do tempo que este produto alcançará o final da vida útil e auxilia no planejamento dos recursos destinados ao desmonte.

#### **5.1.6 – Informação sobre o ciclo de vida.**

A análise do ciclo de vida é definida por Prates (1998), como uma abordagem holística que analisa o sistema como um todo, em torno de um determinado produto e que leva em consideração todo o conjunto de informação que é gerada desde a extração da matéria-prima (berço) até a disposição final do produto (túmulo).

Klausner e Grimm (1998) estabelecem que as informações sobre as propriedades do produto e o histórico associado ao uso do produto são essenciais para níveis mais elevados de recuperação do produto.

### **5.2 – Informações externas**

Este tipo de informação inclui aquelas que não estão diretamente associadas ao produto, mas que impõem restrições às opções de recuperação disponíveis.

As diferentes classes que constituem esta categoria de informação serão explicadas junto com o seu impacto sobre as decisões relacionadas ao final da vida dos produtos (PARLIKAD ET AL, 2003).

### **5.2.1 – Informação sobre as leis aplicáveis**

O marco decisivo e que repercutiu de forma notável sobre a legislação ambiental foi a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente realizada em Estocolmo em 1972 (CEMPRE, 2004).

A cada dia, com maior ênfase, os governos estão impondo diferentes requisitos legais para gerenciamento de resíduos, reciclagem e disposição de materiais perigosos encontrado em muitos produtos (por exemplo, baterias, resíduos de serviços de saúde, etc).

O atendimento a estes requisitos, no que tange ao desmonte dos produtos somente ocorrerá se houver um sistema adequado para se identificar, avaliar e manter atualizado o arcabouço legal aplicável.

### **5.2.2 – Informação sobre o mercado**

Estas informações têm o objetivo de fornecer conhecimento sobre demanda, preço de componentes e módulos reconicionados.

Por exemplo, o conhecimento sobre a demanda de mercado e preço de um componente em particular, ajudará o reciclador decidir se é economicamente viável desmontar o produto ao final da vida útil para a recuperação do componente para reuso, reciclagem ou recuperação do material.

### **5.2.3 – Informação sobre o processo**

Esta informação diz respeito ao próprio processo de recuperação, por exemplo, disponibilidade de recursos e programação, o que permite ao reciclador combinar os recursos disponíveis com as exigências relacionadas ao processamento do produto, incluindo também todo o conhecimento atualizado associado às várias técnicas e práticas de desmontagem do produto.

### **5.2.4 – Políticas corporativas**

As exigências legais e a responsabilidade ambiental têm alertado os fabricantes e os outros atores da cadeia de suprimento (incluindo-se os consumidores) sobre a necessidade de se impor políticas de reciclagem e de recuperação do produto.

Estas políticas podem mudar entre a época de concepção e produção do produto e quando este produto chega ao final de sua vida útil.

Uma política corporativa deve buscar benefícios internos e externos. Do ponto de vista interno, já é possível computar os benefícios econômicos diretos em diversas empresas que adotam sistemas de gestão ambiental, incluindo a reciclagem.

Externamente, os benefícios associam-se à imagem que cada empresa constrói perante um importante parceiro: o consumidor.

Este, cada vez mais consciente e exigente com os aspectos sócio-ambientais (ainda que não na intensidade desejada), passa a optar por produtos que tenham implícitos em seu processo produtivo e na etapa pós-consumo, esforços para torná-lo cada vez mais "eco-amigável", a partir de uma avaliação positiva de seu ciclo de vida (CEMPRE, 2004).

A tabela apresentada na página seguinte sintetiza as principais exigências sobre as informações do produto e seu impacto nas decisões sobre a desmontagem.

Tipo	Categoria	Descrição	Impacto sobre a desmontagem do produto
Informações Internas	Informação sobre o Projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrutura física (tamanho, peso, espessura, etc).</li> <li>- Composição do material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduz à fácil identificação, localização e recuperação dos componentes, além de ajudar na determinação da melhor sequência de desmontagem.</li> <li>- Auxilia no cálculo do valor de recuperação dos componentes, que é necessário para se determinar o nível de desmontagem.</li> <li>- Conduz a decisões baseadas nas informações sobre as melhores opções disponíveis para a recuperação do produto.</li> </ul>
	Informação sobre a Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expectativa de vida dos componentes (por ex., MTTR, MTBF, vida útil, etc).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fornece dados críticos para o cálculo da vida residual e do valor das partes e módulos.</li> <li>- Junto com as informações sobre o projeto, auxilia na determinação no nível ótimo de desmontagem.</li> </ul>
	Informação sobre a Desmontagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instruções para a desmontagem.</li> <li>- Plano para o processo de desmontagem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alocação eficiente dos recursos para a desmontagem (por exemplo, planejamento e programação das operações).</li> <li>- É crucial para a geração de uma sequência de desmontagem praticável.</li> <li>- Conduz a um alto nível de recuperação e baixa disposição de componentes reutilizáveis.</li> <li>- Permite a automação dos processos de desmontagem, que resulta em operações com custos reduzidos.</li> </ul>
	Informação sobre a Produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudanças de projeto ocorridas devido à complexidade do processo produtivo.</li> <li>- Mudanças ocorridas nos materiais e nas estruturas devido às operações realizadas durante a sua produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduz a variabilidade associada à estrutura e composição do produto.</li> <li>- Reduz mudanças inesperadas durante o processo de desmontagem.</li> </ul>
	Informação sobre a Localização	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basicamente é a concentração geográfica do produto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite um melhor planejamento dos recursos.</li> </ul>
	Informação sobre o Ciclo de Vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condições de operação.</li> <li>- Dados sobre manutenção.</li> <li>- Informação sobre as partes e módulos substituíveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduz a uma melhor avaliação dos valores residuais dos produtos, módulos e partes.</li> <li>- Maior precisão das informações relacionadas às estruturas e composição do produto no final da vida útil.</li> </ul>
Informações Externas	Informação sobre a Legislação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leis e regulamentos relacionados à reciclagem.</li> <li>- Limites impostos à disposição final de produtos.</li> <li>- Diretrizes sobre a recuperação de produtos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resulta na garantia de que o produto será manuseado de acordo com as regras e regulamentos impostos pelos governos, além da minimização dos custos de disposição associados à recuperação do produto.</li> </ul>
	Informação sobre o Mercado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda e preço dos componentes e produtos recuperados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduz à determinação do nível de desmontagem que maximize o lucro dos processos de recuperação do produto.</li> </ul>

	Informação sobre o Processo	- Disponibilidade dos recursos, programação, etc.	- Permite a gestão eficiente dos recursos de desmontagem.
	Políticas Corporativas	- Políticas corporativas a respeito da reciclagem e recuperação do produto.	- Garante um processo de desmontagem ambientalmente exequível.

Fonte: Parlikad, 2003

Tabela 1 – Informações sobre o produto e seus impactos na desmontagem

## 6 – Considerações finais

A crescente pressão da sociedade organizada por processos produtivos, produtos e tecnologias limpas estão levando as empresas a estabelecerem novos patamares de projeto, desenvolvimento e produção de produtos.

Os processos de reciclagem, reuso e recuperação de materiais são os maiores destaques nestas discussões, inserindo uma nova abordagem sobre o desenvolvimento, que é a do Desenvolvimento Sustentável.

O artigo teve por objetivo apresentar os principais componentes da informação sobre o produto que podem auxiliar no aumento da eficiência do processo de desmonte de partes e componentes do produto no final da vida útil.

Neste levantamento percebeu-se a necessidade de integração entre os projetistas de processos e os projetistas de produtos, garantindo que toda a informação interna sobre o produto esteja disponível.

Em contraponto, a informação externa também é necessária e as empresas devem dar a devida atenção ao considerar estas questões no desenvolvimento de produtos que tenham a variável “desmontagem” na fase de projeto que aborde todas as etapas do ciclo de vida, do berço ao túmulo.

## Referências

AZEVEDO, M.E.S. & FONSECA, S.A. (2002) – As Inovações no Tratamento de Materiais Recicláveis no Município de Curitiba. IX Simpósio de Engenharia de Produção - Bauru, SP, Brasil, 04 a 06 de nov de 2002.

BRUNDTLAND, GRO HARLEM (1987), World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford University Press.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Home Page da Organização ([www.cempre.org.br](http://www.cempre.org.br)), 2004.

DATSCHEFSKI, EDWIN (2002). Total Beauty: product design that is compatible with nature. Greener by Design. <http://biothinking.com/bintro.htm>. Acessado em 25 de abril de 2004.

DUARTE, M.D. (1997) – Caracterização da Rotulagem Ambiental de Produtos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSC. Florianópolis, 1997. <http://www.eps.ufsc.br/disserta97/duarte/cap4.htm>

ELKINGTON, JOHN (1998) – Cannibals with Forks – the triple bottom line of 21<sup>st</sup> century business. New Society Publishers. Canada.

ENVIRONMENT AUSTRALIA (2001). Product Innovation – the green advantage: an introduction to design for environment for australian business. <http://www.ea.gov.au/industry/sustainable/per/pubs/producersguide.pdf>. Acessado em 24 de abril de 2004.

FORCELLINI, F.A.; OGLIARI, A. & BITENCOURT, A.C.P. (2001) – Sistematização do Reprojetto Conceitual de Produtos para o Meio Ambiente. III Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – Florianópolis, SC, Brasil, 25 a 27 de set de 2001.

GLOBAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTER. Home page da organização (<http://www.gdrc.org>), 2004.



KLAUSNER, M.; GRIMM, W.M. & HENDRICKSON, C. (1998) – Reuse of Electric Motors in Consumer Products. *Journal of Industrial Ecology* Vol.2, n. 2, p. 89-102.

LIMA, R.M.R & ROMEIRO, E. Fº. (2003) – O Projeto do Produto para o Meio Ambiente: Algumas Informações Necessárias. IV Congresso Bras. Gestão e Desenvolvimento de Produtos – Gramado, RS, Brasil, 6 a 8 de out de 2003.

PARLIKAD, A.K.; McFARLANE, D.C.; GROSS, S. & FLEISCH, C. (2003) – The Role of Product Identity in End of Life Decision Making. Auto-ID Centre – Cambridge, UK, 25 de jun de 2003.

PARLIKAD, A.K. (2003) – The Impact of Product Identity Information on Effectiveness of Product Disassembly Processes. Departament of Engineering – University of Cambridge, UK, September/ 2003.

PRATES, G.A. (1998) – EcoDesign utilizando QFD, Método Taguchi e DFE. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – UFSC. Florianópolis, 1998.