

Abordagem sobre os recursos em projetos desenvolvimento de produtos

Daniel Augusto Hoppe ^a (danihoppe@gmail.com); Liziane da Luz Seben ^b (liziprod@producao.ufrgs.br); Istefani Carísio de Paula ^c (istefani@producao.ufrgs.br)
^a DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS, UNISC, RS – BRASIL
^b LOPP/GEDEPRO, UFRGS, RS – BRASIL
^c LOPP/GEDEPRO, UFRGS, RS – BRASIL

Resumo

É crescente a preocupação com a conservação do meio ambiente e com a concepção de produtos sustentáveis. Diversas abordagens têm impactado substancialmente as discussões das engenharias e do design à respeito de métodos, práticas e estratégias capazes de atender as novas demandas para as atividades projetuais, aumentando a relevância do tema projeto de sistema-produto. Assim, o conhecimento das fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) e de recursos de projetos que indiquem práticas sustentáveis tem se mostrado um meio de desenvolver produtos. Dentro deste contexto, esta pesquisa tem como objetivo mapear as fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) e identificar os recursos para projetos sustentáveis aplicáveis em cada fase. O objetivo foi atingido após a definição de um grupo focado para discussões e geração de conhecimento e através de um método de revisão bibliográfica e análise qualitativa. O resultado do trabalho é a proposta de uma estrutura que contemple os recursos, em função da aplicação dos mesmos nas diferentes etapas do Projeto de Desenvolvimento de Produtos (PDP).

Palavras-chave: Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP); recursos de projetos; sustentabilidade.

1 Introdução

Gerar progresso econômico, agregando valores para a sociedade, respeitando a capacidade ambiental, depende de um grande desafio, que implica em entender e avaliar a sustentabilidade. A sustentabilidade tem trazido uma grande complexidade às atividades de projetos, uma vez que exige a coordenação de um conjunto bastante grande de informações. A grande dificuldade para isso provém da exploração e da análise holística, não dependendo apenas do profundo entendimento dos complexos sistemas ambientais, sociais e econômicos, mas também da interação entre todos (HARDI, 2000; CAPRA 2006). São essas interações que maximizam a complexidade dos sistemas, gerando obstáculos para os projetistas. O entendimento dessas interações é essencial, pois do contrário, projetar um produto focando apenas no objeto, sem considerar o desafio de entender o sistema e a sustentabilidade, pode gerar problemas sócio-ambientais e de concepção (KOTA, CHAKRABARTI, 2007).

Agregando o conceito de Desenvolvimento Sustentável, nota-se que o atual paradigma de projetos para o século XXI consiste em gerar produtos ou serviços que respeitem as idéias propostas por este, racionalizando os fluxos de energia e materiais, atendendo aos requisitos dos envolvidos, e tendo como meta utópica a geração de resíduo e impacto igual à zero. Os recursos de projetar ainda não se consolidaram e estão sendo melhorados continuamente no intuito de determinar ciclos de vida para os produtos cada vez mais completos, atendendo demandas sob um ponto de vista sistêmico para que tenham menores impactos no globo (PAULI, 1996; GIANNETTI et al., 2003; CAPRA, 2006).

Algumas teorias alinhadas a essa abordagem estão ganhando força nas organizações e sendo discutidas na academia, como por exemplo, Ecologia Industrial (GIANNETTI et al., 2003), Ecodesign ou *Design for Environment* (KAZAZIAN, 2005; SCHENDEL, BIRKHOFFER, 2007; KOTA, CHAKRABARTI, 2007), Berço ao Berço (McDONOUGH, BRAUNGART, 2002), entre outros. O trabalho apresenta esses recursos em projeto, classificando-os em relação a suas características. Para isso, objetivo deste

trabalho é mapear as fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) e identificar os recursos para projetos sustentáveis aplicáveis em cada fase.

O procedimento metodológico de pesquisa utilizado tem abordagem qualitativa e é realizado através de um levantamento bibliográfico de um grupo focado, o qual durante um semestre, através de seminários e encontros semanais, discutiu a respeito dos recursos. Dada a grande variedade de métodos e práticas de projeto já propostas na literatura, o trabalho se limita em discutir e levantar os conceitos de destaque histórico e voltados à sustentabilidade. O artigo é dividido em três partes, sendo a primeira uma breve revisão das fases do modelo de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), na segunda tem-se uma revisão bibliográfica dos recursos para projetos sustentáveis, para finalmente ser apresentada uma classificação esquemática destes recursos dentro das fases de PDP.

2 Modelo do processo de desenvolvimento de produtos

Para Clark e Fujimoto (1991) o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) é um processo em que uma organização transforma informações sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em bens de consumo e gera dados para a fabricação de um produto final. O PDP é um dos processos mais complexos, que se interrelaciona com muitos setores de uma empresa (MUNDIM et al., 2002). O desenvolvimento de produto (DP) pode ser entendido como todo o processo de levantamento de informações do produto, as quais serão analisadas para identificar e criar conceitos a respeito da demanda, do desenvolvimento técnico e utilização do mesmo.

Para este trabalho adotou-se o modelo de referência de Rozenfeld et al. (2006) como base para a análise crítica deste estudo. É um modelo genérico e estruturalmente bastante detalhado. O modelo de Rozenfeld et al. (2006) se originou da união de metodologias, modelos, experiências e melhores práticas desenvolvidas e coletadas pelas equipes de pesquisadores coordenadas pelos autores. Segundo Miguel (2008) o modelo passou a cobrir uma lacuna importante para o campo de desenvolvimento de produto nacional. O modelo apresenta três macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. O pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento são macrofases mais genéricas, portanto suas atividades poderiam ser adotadas, com poucas adaptações, por uma empresa do setor de alimentos. As atividades da macrofase de desenvolvimento, diferentemente das demais, exige dependência da tecnologia envolvida no produto e seu detalhamento técnico pode não ser adequado para as necessidades das equipes de desenvolvimento do setor de alimentos.

As três macrofases são subdivididas em nove fases. As fases são compostas por diversas atividades. Para a realização das atividades com maior eficiência os autores indicam variadas ferramentas para as equipes de desenvolvimento. De um modo geral, pode-se dizer que as macrofases do modelo são seqüenciais, as fases são paralelas e as atividades são simultâneas. O que determina o limite de uma fase é a entrega de um conjunto de resultados (*deliverables*). O processo de decisão a respeito da conclusão de uma fase ocorre por intermédio dos *Gates*. Os *Gates* garantem que um conjunto de resultados foi bem sucedido na fase finalizada e a equipe pode seguir para uma próxima fase. Portanto, são um meio formalizado de avaliação que permitem o controle de qualidade do processo.

As macrofases de pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento são compostas por duas fases cada uma. Já a macrofase de desenvolvimento é composta pelas outras cinco fases que compõem o processo. Estas cinco fases apresentam três categorias semelhantes de atividades: atividades de atualização do plano do projeto, atividades específicas da fase e atividades genéricas para o encerramento da fase. As macrofases e fases serão apresentadas a seguir. O nível das atividades não será detalhado, pois não está no escopo deste trabalho.

2.1 Pré-desenvolvimento

O pré-desenvolvimento é composto pela fase de Planejamento Estratégico do Produto e pela fase de Planejamento do Projeto. A primeira delas, segundo Pigosso et al. (2007), inclui a gestão de portfólio de produtos de acordo com o plano estratégico do negócio, considerando-se o mercado e as inovações tecnológicas. Gera-se uma lista de novos produtos a serem desenvolvidos e avalia-se a viabilidade e prioridades de desenvolvimento. O resultado desta fase é a aprovação da minuta do projeto. Na fase de

Planejamento do Projeto o escopo, os *stakeholders*, o cronograma, os riscos, os indicadores, as adaptações no modelo de referência, a viabilidade econômica preliminar, o plano de comunicações e o plano de aquisições são estabelecidos. Estes recursos compõem o resultado desta fase que se constitui no Plano de Projeto e sua aprovação.

2.2 Desenvolvimento

A macrofase de desenvolvimento inicia-se com o Projeto Informacional. O objetivo é desenvolver os requisitos do produto, a partir das informações levantadas no planejamento e em outras fontes (como clientes e fornecedores). Ou seja, consolidar as informações e definir especificações-meta de parâmetros mensuráveis que o produto projetado deve possuir. O resultado desta fase é a aprovação destes requisitos de produto. As funções do produto, as soluções tecnológicas e a arquitetura do produto são estabelecidas durante a segunda fase que se constitui no Projeto Conceitual. Muitos métodos de criatividade podem ser utilizados nesta fase a fim de obter soluções inovadoras. A lista inicial de materiais e o macroprocesso de fabricação são subprodutos desta fase, que possui como resultado o conceito do novo produto.

A terceira fase é o Projeto Detalhado, que é composto por cálculos e simulações sobre o produto. O detalhamento a respeito dos Sistemas, Subistemas e Componentes (SSCs) bem como a decisão estratégica de fazer ou comprar estes também pertence a esta fase. Além disso, é realizado desenvolvimento de fornecedores e testes sobre os protótipos como a análise de falha. O resultado desta fase é, portanto, o protótipo aprovado e o produto homologado. Na fase de Preparação da Produção, segundo Pigozzo et al. (2007) novos equipamentos são instalados e testados e uma produção piloto é realizada para certificar-se das facilidades de os produtos serem manufaturados com os recursos definitivos. Os planejamentos de *marketing* e de distribuição também são realizados nesta fase, em paralelo com a homologação do processo, constituindo os resultados esperados desta fase. A quinta fase é a de Lançamento do Produto. Ocorre em conjunto com a fase anterior e tem o objetivo de colocar o produto no mercado. Processos de apoio como vendas e assistência técnica são melhores desenvolvidos. O resultado desta fase é o lançamento e gerenciamento da aceitação do produto.

2.3 Pós-Desenvolvimento

Existem duas fases que compõem o pós-desenvolvimento, são elas: o Acompanhar o Produto/Processo e Descontinuar o Produto. O objetivo da primeira delas é garantir o acompanhamento do desempenho do produto na produção e no mercado, identificando possíveis melhorias a serem realizadas. Cabe também a essa fase garantir que a retirada do produto do mercado ocasiona poucos impactos nos consumidores, empresa e meio ambiente.

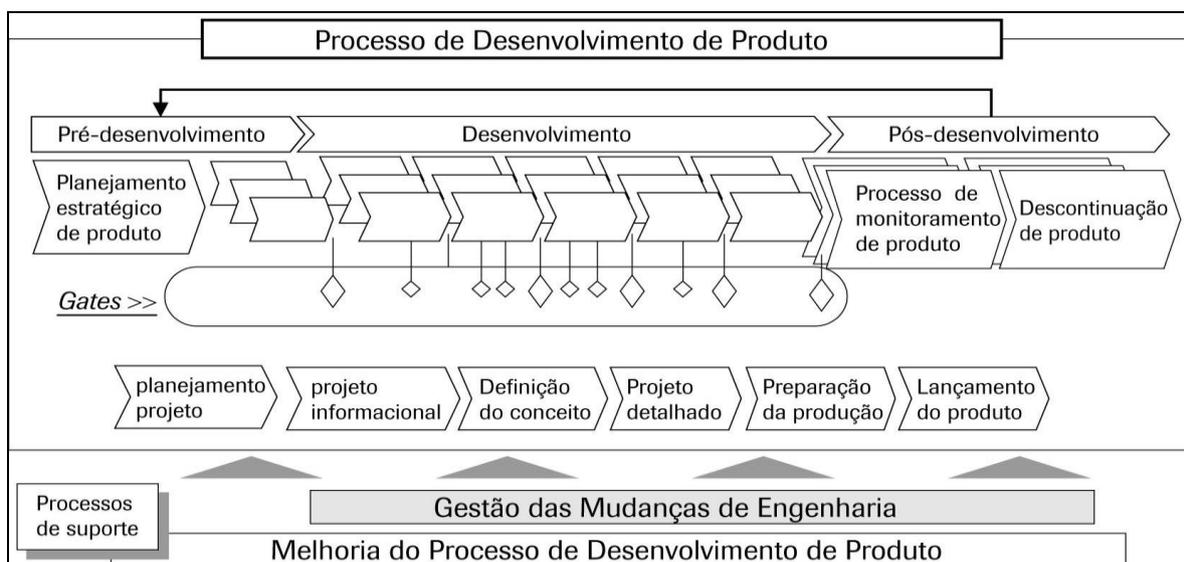


Figura 1. Modelo do Processo de Desenvolvimento de Produtos. Fonte: Rozenfeld et al. (2006).

Os resultados desta fase são relatórios da avaliação da satisfação dos clientes, necessidades de modificações e oportunidades de melhoria. A fase que trata de Descontinuar o Produto ocorre quando as informações da fase anterior chegam à conclusão de que o produto não apresenta mais vantagens econômicas e estratégicas. Os resultados desta fase, normalmente são os relatórios para a solicitação formal de retirada do produto do mercado.

O modelo de Rozenfeld et al. (2006) explicado nesta sessão pode ser sintetizado no esquema apresentado na Figura 1.

3 Sustentabilidade e recursos em projetos de produtos

Desde 2000 a importância de projetos de produtos sustentáveis se intensificou largamente, percebido o impacto que estes geram no meio ambiente. Em relação ao projeto sistêmico de produtos, a sustentabilidade ainda necessita de maior atenção primeiramente sob seu eixo ambiental, posteriormente sob a questão social, visto que a preocupação econômica está intrinsecamente ligada aos processos do sistema capitalista. Independente das práticas utilizadas para o projeto de produtos, o resultado deve gerar melhoria social, progresso econômico e ter enfoque ecologicamente plural, levando em consideração todos os impactos causados nos sistemas inseridos, sejam sistemas sócio-técnicos, como as organizações, ou ecossistemas, como a fauna e a flora (FUAD-LUKE, 2002; RIBEIRO, 2004; CAPRA, 2006; HERRMANN, 2009).

3.1 Capitalismo Natural

O termo, também conhecido como Capital Verde, reconhece a interdependência fundamental entre a produção e o uso do capital produzido pelo homem, por um lado, e a conservação e o fornecimento do capital natural, por outro. Teoricamente as empresas devem agir em comunidade, fortalecendo umas as outras, sendo que através da responsabilidade social e preservação dos ambientes naturais, atingem-se maiores ganhos e a sustentabilidade (CASAGRANDE, 2004; NASCIMENTO et al., 2008).

O capitalismo natural é considerado um meio e não um fim. Para atingir os objetivos dessa filosofia são abordados as formas de produtividade dos recursos, desperdício zero e economia de serviços. A idéia consiste em aproveitar no máximo a eficiência dos fluxos de materiais e energia. Para isso, além de visão sistêmica e biomimetismo, são utilizadas estratégias como ‘Fator 4’ (WEIZSÄCKER et al., 1998), pela qual a eficiência é aumentada através da redução dos desperdícios pela metade e duplicação da produtividade (CASAGRANDE, 2004; NASCIMENTO et al., 2008).

3.2 Ecologia Industrial

Em algumas fontes de pesquisa o conceito de ‘Metabolismo Industrial’ é encontrado confundido com o conceito ‘Ecologia Industrial’. Giannetti et al. (2003) explicam que há diferença, sendo que o primeiro visa o entendimento da circulação de materiais e dos fluxos de energia desde a extração da matéria prima até o final do ciclo de vida do produto, enquanto a ‘Ecologia Industrial’ vai mais longe: procura entender como o sistema industrial opera, quais são os mecanismos reguladores e qual sua interação com a biosfera.

A Ecologia Industrial proporciona o exame integrado das interações entre a indústria e o meio ambiente, na qual se considera que as empresas possuam limites que se estendem além de suas próprias fronteiras. Os sistemas industriais são considerados produtores tanto de produtos como de resíduos, e esses fazem parte de todo o meio ambiente. Por essa razão, para desenvolver produtos e processos produtivos é utilizada a estratégia de formação de parques ecoindustriais. Para tanto, o aspecto mais crítico é a implementação da cooperação efetiva entre empresas (GIANNETTI et al., 2003). Logo, o objetivo final é a disposição de zero resíduos, como acontece nos ecossistemas naturais. Os resíduos que são gerados em um processo servem de matéria-prima incorporada em outros processos de outras empresas através da combinação dos fluxos de materiais (GIANNETTI et al., 2003; GUIMARÃES, 2006).

Em 1989, após analogia de Frosh e Gallopoulos (administradores da GM e NASA), através da publicação ‘*Strategies for Manufacturing*’, a Ecologia Industrial ganhou grande aceitação pelo meio empresarial em uma proposta de visão sistêmica que considera o sistema industrial como parte do sistema natural. Entre as práticas relacionadas estão parques industriais, balanceamento de *input-output*, eco-tecnologias, análise do ciclo de vida, ecoeficiência, 3R, produção mais limpa clusterizada, sistemas de gerenciamento ambiental, cadeia de suprimentos verdes (GIANNETTI et al., 2003).

3.3 Emissão zero

O recurso que visa emissão zero nos sistemas, também conhecido como ZERI (*Zero Emissions Research Initiative*), baseia-se em projetos de visão sistêmica estabelecida e estratégias econômicas-ecológicas e metabolismo. Pressupõem que um resíduo se for sempre reaproveitado no mesmo reino, promove a perda de qualidade, como no exemplo de uma garrafa PET transparente e maleável, que vai sendo reciclada até virar uma vassoura opaca e quebradiça. Na teoria ZERI, através de uma idéia de biomimetismo, um resíduo deve trocar de meio (5 reinos) para agregar qualidade, como ocorre na natureza. Um exemplo é o lixo orgânico que se decompõe na terra, aduba o solo e reincorpora seus nutrientes na alface, tornando-se fonte de energia através da alimentação (PAULI, 1996; PAULI, 1998; KAZAZIAN, 2005; GUIMARÃES, 2006).

Por existirem fases de implantação, a teoria recebe caráter de método. Essas fases são seqüenciadas da seguinte maneira: (i) Aproveitamento total dos *inputs* em relação aos *outputs*, (ii) busca criativa de valor agregado aos *outputs* em relação aos *inputs*, (iii) modelos de conglomerados industriais, (iv) identificação de avanços tecnológicos e (v) planejamento de políticas industriais (PAULI, 1996; PAULI, 1998; KAZAZIAN, 2005; GUIMARÃES, 2006).

3.4 Produção mais Limpa e Produção Limpa

Na literatura encontra-se o termo Produção mais Limpa (P+L) e Produção Limpa (PL), que possui outro significado e pode ser confundido. O conceito Produção Limpa (PL, ou *Clean Production*) foi proposto pela organização ambientalista não-governamental Greenpeace, em 1990, para representar o sistema de produção industrial que levasse em conta a auto-sustentabilidade de fontes renováveis de matérias-primas; a redução do consumo de água e energia; a prevenção de geração de resíduos tóxicos e perigosos na fonte de produção; a reutilização e reaproveitamento de materiais por reciclagem de maneira atóxica e energia-eficiente (consumo energético eficiente e eficaz); a geração de produtos de vida útil longa, seguros e atóxicos, para o homem e o meio ambiente, cujos restos (inclusive as embalagens) tenham reaproveitamento atóxico e energia-eficiente; e a reciclagem (na planta industrial ou fora dela) de maneira atóxica e eficiente, como substitutivo para as opções de manejo ambiental representadas por incineração e despejos em aterros (MELLO, NASCIMENTO, 2002).

A PL é um conceito que reconhece que a maioria dos problemas ambientais atuais - o aquecimento global, a poluição química tóxica e a perda da biodiversidade - é causada pelo modo e a velocidade com que se produz e consome recursos naturais (CNTL, 2003). O objetivo da PL é satisfazer as necessidades da sociedade pelo desenvolvimento de produtos e gerenciamento de processos em harmonia com o ciclo ecológico natural. Destina-se a eliminar os resíduos tóxicos e insumos e, finalmente, promove o uso criterioso de energia e materiais renováveis (*Clean Production Action*). A PL questiona a real necessidade de um produto e observa como esta necessidade poderia ser melhor satisfeita ou reduzida, promove a redução ou economia do uso de materiais, água e energia e admite a necessidade da participação pública na tomada de decisão política e econômica (CNTL, 2003).

Por sua vez, o conceito P+L foi definido pela UNIDO/UNEP que estimula atitudes voluntárias por parte das indústrias, independente do alcance da legislação ambiental. Segundo a UNIDO/UNEP, a P+L é a aplicação continuada de uma estratégia econômica, ambiental e técnica, integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a ecoeficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da minimização ou reciclagem dos resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos. Aplica-se a processos produtivos, a produtos e a serviços (MELLO, NASCIMENTO, 2002; CNTL, 2003).

Entre as práticas relacionadas estão a seleção de materiais e de fontes de energia renováveis, design para fácil montagem, desmontagem, conserto e reciclagem, logística reversa, princípio da precaução, princípio da prevenção, princípio do controle democrático, princípio da abordagem integrada e holística, balanço de massa, análise do ciclo de vida, sistemas de produção fechados (MELLO, NASCIMENTO, 2002).

3.5 Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Verde

Este recurso remete à integração do meio-ambiente e da gestão da cadeia de suprimentos, para atividades relacionadas à concepção do produto, definição e seleção das fontes de matéria-prima, entrega do produto final ao consumidor e gestão do fim-de-vida do produto após seu uso (SRIVASTARA, 2007). As atividades relacionadas ao Gerenciamento da Cadeia de Suprimento Verde podem ser classificadas em três tipos: (i) atividades que representam adaptações feitas no gerenciamento dos fornecedores para incorporar considerações ambientais, que incluem mudanças no processo de coleta de informação ambiental e ranking de desempenho ambiental dos fornecedores – *greening the supply process*; (ii) atividades que representam alterações feitas para os produtos fornecidos, como reciclagem e redução de perda – *product-base green supply*; e (iii) atividades proativas, como a inclusão de critérios ambientais em relação a desempenho dos compradores ou adoção de programas de tecnologias “limpas” em conjunto com os fornecedores – *advanced Green supply* (BOWEN et al., 2001).

3.6 Berço a Berço

Este recurso tem o nome traduzido do inglês *Cradle to Cradle* (C2C) e é um método baseado no *Intelligent Product System* (IPS) que contempla a valorização do produto no fim do seu ciclo de vida (McDONOUGH, BRAUNGART, 2002). A idéia consiste em gerar produtos do ‘berço ao berço’ contrapondo o antigo conceito do ‘berço ao túmulo’, na qual o projeto conceitual planeja antecipadamente o destino final do produto em um novo ciclo. Quanto mais ciclos um produto apresentar, mais verde será, até que o mesmo reintegre em algum ecossistema em forma de matéria prima. Através do método também é possível promover certificações aos elementos do sistema (materiais, materiais reutilizados, energia, água, responsabilidade social) (MBDC, 2007).

3.7 Análise do Ciclo de Vida

Existem algumas terminologias similares para expressar este recurso, como: Avaliação do berço ao túmulo; Avaliação do Ciclo de Vida; Product line Analysis; Ecological Balance; Life Cycle Analysis. Trata-se de uma ferramenta para avaliação holística das conseqüências ambientais de um produto durante toda sua vida, do berço à cova. A análise do ciclo de vida (ACV) avalia os aspectos ambientais associados com qualquer atividade desde a coleta inicial da matéria-prima até o ponto que todos os resíduos retornam ao sistema (terra). Também é definida como um inventário dos fluxos de entrada (matéria e energia), ciclos processuais (extração, fabricação, distribuição e utilização), e fluxos de saída (resíduos, emissões líquidas e gasosas) que serve para avaliar os impactos potenciais de um produto ou serviço sobre o meio ambiente, durante todo o ciclo de vida (McDONOUGH, BRAUNGART, 2002; KAZAZIAN, 2005).

A ACV foi desenvolvida originalmente na década de 60 com grande avanço na década de 70, com a crise energética (crise do petróleo), sendo o primeiro estudo de ACV realizado em 1969 pela Coca-Cola com um estudo ambiental sobre embalagens. Na década de 90 a ênfase ficou não só no design para a fabricação, mas para todo o ciclo de vida do produto: manufatura, serviço, reparo e, mais recentemente, desmontagem e reciclagem (KRAEMER, 2007).

A metodologia para execução da análise do ciclo de vida, regulada pela ISO 14040, consta das seguintes etapas: definição de objetivos e escopo, avaliação de impacto e de inventário com posterior interpretação. O inventário do ciclo de vida (ICV) consiste no levantamento das entradas (matéria-prima, água, energia, materiais auxiliares) e saídas (resíduos sólidos, efluentes líquidos, radiações do

produto, subprodutos) do processo. A crítica é que exige muitos dados, e sua implementação é onerosa (KRAEMER, 2007).

3.8 Quality Function Deployment Environment (QFDE)

O projeto de produtos é um processo de extrema complexidade, envolvendo interesses e habilidade, tais como de consumidores, vendedores, engenheiros de produção, designers e empresários, aliados aos fatores governamentais e legislativos, ambientais e sociais. Um bom projeto no mínimo deve estabelecer um compromisso entre fatores que agregam valor ao produto, pelo atendimento de requisitos essenciais sob um ponto de vista sistêmico, e fatores que provocam aumento de custo (CLARK, WHEELWRIGTH, 1993; BAXTER, 1998; BACK et al., 2008). O Desdobramento da Função Qualidade (QFD, do inglês *Quality Function Deployment*) pode ser incorporado nessa etapa. O QFD fundamentalmente opera com quatro principais tipos diferentes de requisitos: (i) os do mercado, (ii) os de funcionalidade do produto, (iii) os de produção e (iv) os normativos e legais (CLARK, WHEELWRIGTH, 1993; BAXTER, 1998).

Tradicionalmente, no uso da ferramenta não são destacados aspectos de sustentabilidade sobre o produto, mas por ser flexível, o QFD sofreu adaptações para suprir essa necessidade. O *Quality Function Deployment Environment* (QFDE) pode extrair a voz do consumidor ecologicamente orientado, desenvolver produtos ecologicamente corretos, identificar emissões de substâncias tóxicas e quantificar a ecoeficiência em relação ao ciclo de vida. É a incorporação de aspectos ambientais (Requisitos do Meio-Ambiente e Especificações de Engenharia Ambiental) no QFD que consideram o meio-ambiente e os requisitos para o desenvolvimento do produto, sem perder as características de qualidade, lucratividade, competitividade (ABELE et al., 2005; MARX, 2009).

3.9 Ecodesign (Design for Environment)

Alguns autores tentam conceituar estes termos diferentemente, entretanto, os autores desse artigo, em sinergia com uma grande parcela de pesquisadores, assume que *Design for Environment* (DfE) e Ecodesign são sinônimos. Entretanto, há terminologias similares para este recursos, como: Design para o Meio Ambiente, Ecodesign, Ecoconcepção, *Design for Sustainability*, *Design for Environmental Sustainability*, *Environmental Design*, *Life Cycle Design*. O DfE tem por princípio tornar a economia mais “leve”. Trata-se de uma abordagem que consiste em reduzir os impactos de um produto, mantendo a mesma qualidade de uso (funcionalidade, desempenho) e agregando valor à qualidade de vida dos usuários de hoje e do futuro. Através dessa prática, os projetos recebem pesos equivalentes em quatro dimensões: (i) meio ambiente, (ii) exequibilidade técnica, (iii) controle de custos e (iv) demandas do mercado (FUAD-LUKE; 2002; KAZAZIAN, 2005; VEZZOLLI, MANZINI, 2007).

Nessa abordagem é preconizado em primeiro lugar prever o futuro do produto, para posteriormente projetar reduzindo os impactos ambientais em todo o ciclo de vida. O produto é considerado um sistema constituído de subsistemas, como por exemplo, peças para troca, suportes publicitários, embalagens e outros. A abordagem trata desde a pré-produção até a pós-produção, através do desenho de sistemas interdependentes que compõe todos os processos e efeitos causados pelos *inputs* e *outputs*. São observados as fases de extração de recursos, transformação, distribuição, embalagem e empacotamento, disposição, aquisição, consumo, uso e o primeiro descarte. Após essa fase, é analisada e projetada a utilização e recuperação da energia e dos materiais durante os ciclos de vida do produto, incluindo os ciclos de utilização posteriores ao primeiro (VEZZOLLI, MANZINI, 2007; SCHENDEL, BIRKHOFFER, 2007; KOTA, CHAKRABARTI, 2007).

Em relação ao aspecto cronológico, o termo Ecodesign surgiu nos anos 90, nos EUA, quando a indústria eletrônica começou a se importar com os impactos no meio ambiente e procurou minimizar o mesmo. O termo *Design for Environment* foi proposto em 1992. Entretanto, antecipadamente aos termos definidos, esse conceito já existia alguns anos antes. A consolidação desse conceito acompanhou a evolução e as discussões a respeito do desenvolvimento sustentável e a preocupação ambiental, que se iniciaram na década de 60 com a ascensão da ecologia. A definição do conceito para projetar foi sendo aperfeiçoada após cada conferência, sendo elas: Clube de Roma (1968), Estocolmo-

72 (1972), Eco-92 no Rio de Janeiro (1992), Rio+5 em Kyoto (1997), Rio+10 em Johannesburgo (2002), Estocolmo de Punta del Este (2005) (MUSSI, 2009).

3.10 Logística Reversa

Logística Reversa, também conhecida como Gestão de Recuperação de Produtos, é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado (ROGERS et al., 1999). Diz respeito ao fluxo de peças e materiais que voltam à empresa por algum motivo (devolução por clientes, retorno de produtos e/ou materiais para atender à legislação, etc). Este procedimento não envolve lucros, em geral somente custos, motivo pelo qual as empresas não costumam dar a mesma atenção dada ao fluxo de saída normal de produtos (DAHER et al, 2006).

Na década de 80 esta prática era limitada ao movimento contrário ao fluxo direto de produtos na cadeia de suprimentos, porém na década seguinte ocorreram novas abordagens relacionadas ao aumento da preocupação com meio ambiente (CHAVES, BATALHA, 2006). Apareceram atividades voltadas à reutilização de produtos e materiais, apoiadas por uma logística de coletar, desmontar e processar produtos e/ou materiais e peças, a fim de assegurar uma recuperação sustentável dos mesmos (DAHER et. al., 2006).

Caldwell (1999) exemplifica casos de Logística Reversa para fins de redução de custos, como no México, em que a engarrafadora de Coca-Cola obteve a melhor coordenação entre promoções e picos esperados no retorno de vasilhames, reduzindo a necessidade de produção dos mesmos, aproveitando os retornáveis. No Brasil foi vista a reciclagem de embalagens de alumínio, com ótimos resultados ecológicos e financeiros (diminuindo a importação de matéria-prima). Outros casos remetem empresas automobilísticas, a IBM e a Xerox, que já projetam seus produtos pensando na última etapa do mesmo (fim do ciclo de vida).

4 Método

Esse trabalho é classificado, quanto à sua natureza, como básico. Quanto à forma de abordagem, classifica-se esse trabalho como qualitativo, pois as avaliações e discussões apresentadas são subjetivas e baseadas na interpretação dos materiais bibliográficos confrontados com o conhecimento empírico do pesquisador, sendo a forma de análise descritiva e não estatística (CERVO, BERVIAN, 2002). Com respeito aos objetivos, esses podem ser classificados como exploratórios, pois, a partir do entendimento das definições a cerca dos recursos disponíveis, é possível analisá-los quanto a sua adequação em cada etapa do desenvolvimento de produtos. Em relação aos procedimentos técnicos para coleta de dados e informações, o trabalho baseia-se em pesquisa bibliográfica, por se apoiar em material já publicado. Esse tipo de pesquisa visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Em função desse aspecto o levantamento bibliográfico e as análises posteriores estimularão a compreensão do assunto (CERVO, BERVIAN, 2002).

Partindo desses pressupostos, para o desenvolvimento desse trabalho com o alcance dos objetivos propostos, optou-se por realizar uma revisão bibliográfica sobre o modelo de Processo de Desenvolvimento de Produtos e os recursos de sustentabilidade, explorando seus conceitos através de leituras de materiais bibliográficos, publicações e discussões de um grupo focado que se reuniu durante um semestre em encontros semanais e seminários. Este artigo faz uma exposição de cada definição de maneira sucinta, além de limitar-se em levantar os recursos mais recentes voltados ao desenvolvimento sustentável. O objetivo nessa etapa foi estudar e compreender, em detalhe, cada definição a cerca dos recursos estudados.

A partir da análise dos recursos disponíveis, foram discutidos os pontos fortes e fracos identificados em relação à sustentabilidade, no que tange o negócio da empresa e seu impacto no meio ambiente. A última etapa contemplou a aplicabilidade de cada método no desenvolvimento de produtos e práticas

das empresas, a fim de se chegar ao objetivo específico de se definir uma classificação esquemática dos recursos identificados ao longo das fases do PDP.

5 Proposta de organização dos conceitos

Neste trabalho foram compreendidos os recursos que trazem abordagens sobre sustentabilidade nos três pilares: ambiental, econômico e social. A partir do conhecimento de tais recursos em projetos de desenvolvimento de produtos, foi proposta a análise das fases do modelo do PDP para verificar a adequação dos recursos nas diferentes fases.

O primeiro recurso aplicado, de acordo com as evidências cronológicas, é a ACV, o qual mostrou ser um método eficaz para os projetos desenvolvidos em organizações preocupadas com o meio-ambiente. A partir do uso deste recurso, as etapas anteriores e posteriores ao desenvolvimento dos projetos puderam ser monitoradas, gerando melhores resultados na implementação dos mesmos. Conforme as características deste recurso e modo de aplicação, o caráter econômico e ambiental foram os de maior relevância, mas ainda assim revelando aspectos sociais positivos.

Outros dois recursos das décadas de 80 e 90 respectivamente são a Produção Mais Limpa e o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Verde. Ambos caracterizados como métodos, são bastante úteis nos negócios sustentáveis por abrangerem toda a cadeia de produção ressaltando os aspectos econômicos e ambientais do desenvolvimento sustentável, entretanto, o aspecto social é evidenciado pelas melhorias na qualidade de vida das pessoas, no reaproveitamento de materiais e na geração de menor quantidade de resíduos. Ao serem adotados, estes recursos agem nos projetos e/ou processos desde o seu início até o fim, propiciando meios de produzir mais com menos resíduos, ou propiciando destino caso ele for gerado.

A Logística Reversa por sua vez é uma técnica que ganhou destaque em 1985 permitindo o reaproveitamento de materiais dos produtos pós-uso, diminuindo assim descarte de material e conseqüentemente ganhos econômicos e ambientais. Ela é aplicável no fim de vida dos produtos, entretanto, pode servir de suporte na etapa de pré-desenvolvimento de produtos, a fim de que seus projetos alcancem objetivos finais. Aspectos sociais também são igualmente destacados, pois tanto projetistas quanto o consumidor final exercem papel importante para sua correta aplicação.

Outra ferramenta destacada nos meados dos anos 90 é o QFDE, a qual se originou do aprimoramento de outra ferramenta, o QFD. Ressaltando aspectos ambientais, frente aos aspectos econômicos e sociais anteriormente destacados, o QFDE permitiu extrair a voz do consumidor eco orientado, a fim de prover o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos. Assim, houve a integração tanto de requisitos ambientais quanto de especificações de engenharia ambiental no QFD para considerar, o meio-ambiente e os requisitos para o desenvolvimento dos produtos, mantendo as características de diferenciação, qualidade e lucratividade dos mesmos.

Definido como método, mas também com princípios filosóficos e de diretrizes, o Berço ao Berço despontou no começo do século atual, estando baseado no *Intelligent Product System* (IPS) que contempla a valorização do produto ao final do seu ciclo de vida. Aspectos ambientais são os mais relevantes no desenvolvimento sustentável, mas os aspectos econômicos também são relevantes uma vez que sua premissa básica é criar produtos do ‘berço ao berço’ contrapondo o antigo conceito do ‘berço ao túmulo’. Desta forma, o projeto conceitual dos produtos é realizado planejando antecipadamente o destino final do produto em um novo ciclo de forma que o mesmo reintegre em algum ecossistema em forma de matéria prima.

Partindo de princípios filosóficos, revelados por volta de 1994, o capitalismo natural atua fortemente nos três aspectos do desenvolvimento sustentável, pois relaciona a produção industrial e o trabalho das pessoas envolvidas com o fornecimento de bens naturais vindos do meio ambiente. Este recurso estudado é considerado um meio e não um fim, o qual auxilia no alcance dos objetivos de se ter eficientes formas de produtividade dos recursos, desperdício zero e economia de serviços.

Uma teoria de que evolui desde os anos 60, ganhando aceitação do meio empresarial no início da década de 90 é a Ecologia Industrial. Através dela é realizado o exame integrado das interações entre a

indústria e o meio ambiente, considerando que as empresas possam cooperar entre si e expandir suas fronteiras a fim de ter disposição de resíduo nula. Uma vez que os sistemas industriais são considerados produtores tanto de produtos como de resíduos, e esses fazem parte de todo o meio ambiente, ao não haver disposição de resíduos, tudo que é gerado e não utilizado em um processo serve de matéria-prima incorporada em outros processos de outras empresas através da combinação dos fluxos de materiais. Assim o caráter ambiental ganha destaque, pois o meio não é agredido, e os outros dois aspectos são favorecidos pela integração de bens e serviços que geram lucros.

Outra teoria que surgiu em meados dos anos 90, mas que apresenta fases de implantação, e assim define-se também como um método é a de Zero Emissão, ou ZERI. Este método é seqüenciado em partes distintas a fim de prover o aproveitamento total dos materiais utilizados nos processos industriais, gerando produtos de alto valor agregado e que integrem todo o processo de uma organização. Com a premissa de zero emissão nos sistemas, ele impulsiona o desenvolvimento de novas tecnologias, beneficiando em maior grau aspectos ambientais, mas aspectos econômicos e sócias também são favorecidos.

Por fim, ainda nos anos 90 emerge uma diretriz com aspecto ambiental relevante em relação ao desenvolvimento de produtos. O DfE é um recurso que propõe reduzir os impactos de um produto, mantendo suas características de qualidade e ainda agregando valor aos usuários finais de hoje e do futuro. Assim, o DfE visualiza todo o processo, desde a pré-produção até a pós-produção deste produto, já que este é projetado a fim de reduzir os impactos ambientais em todo o ciclo de vida. Toda esta abordagem é realizada focada nos aspectos ambientais, no entanto os outros dois aspectos que permeiam o desenvolvimento sustentável são beneficiados.

O outro resultado foi a verificação da aplicabilidade de cada recurso de acordo com as necessidades de projeto apontadas no processo de desenvolvimento de produtos conforme o modelo de Rozenfeld et al. (2006). A análise foi realizada através de debate entre uma turma de 15 alunos de mestrado em Engenharia de Produção e o resultado está sintetizado na Figura 2.

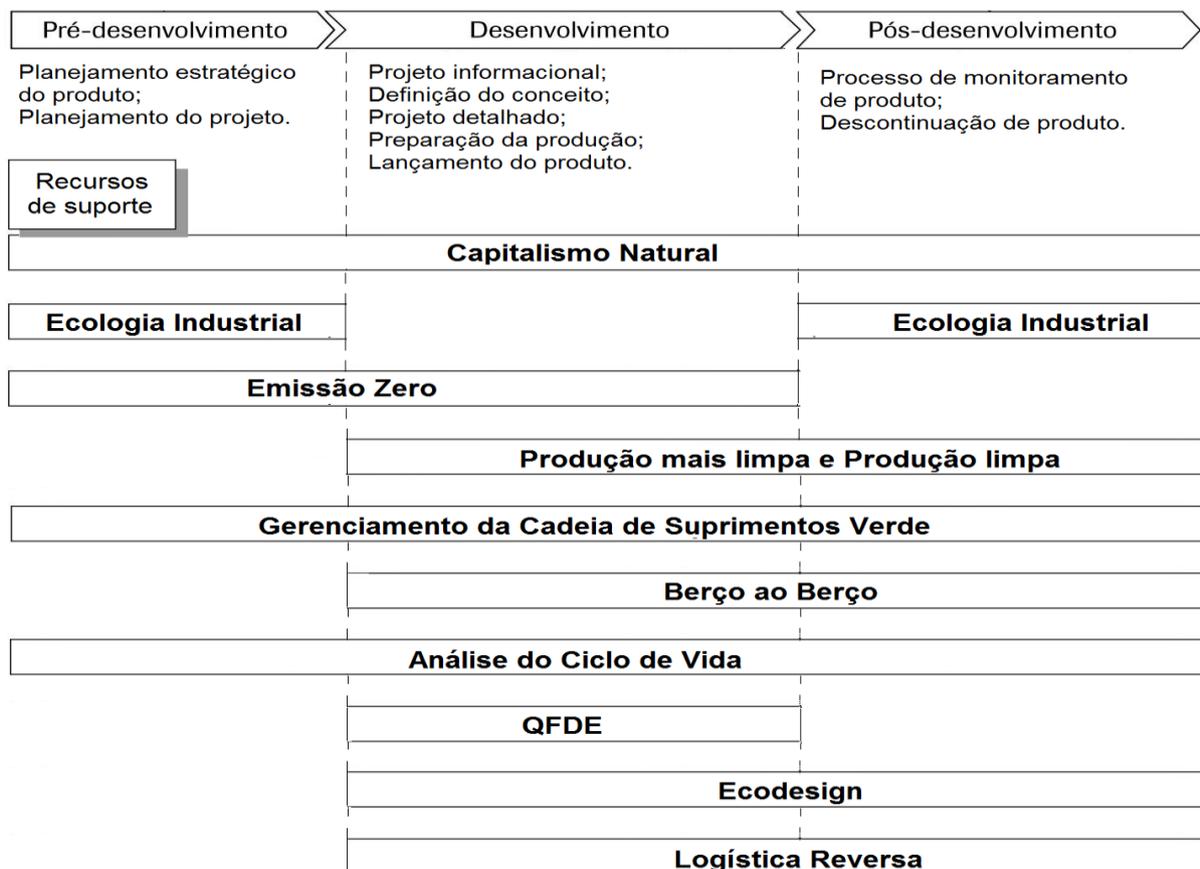


Figura 2. Aplicabilidade dos recurso de projeto ao longo do Processo de Desenvolvimento de Produtos.

6 Considerações finais

As idéias originadas pelo Desenvolvimento Sustentável impulsionaram a criação de diferentes práticas nas indústrias e na sociedade a fim de trazer benefícios para as pessoas envolvidas e para o meio ambiente. Muitas destas práticas, que neste trabalho foram chamadas de recursos, têm diversas classificações conforme seu modo de aplicação. Neste estudo, buscou-se mostrar a evolução e o entendimento dos recursos em ordem cronológica, objetivando definir uma classificação esquemática dos mesmos segundo seus conceitos e modo de aplicação. Assim seria apresentada uma classificação esquemática dos recursos.

Para alcançar os objetivos deste estudo foi feita uma pesquisa aplicada com um grupo focado a fim de primeiramente definir os conceitos envolvidos sobre o modo e princípio de aplicação dos recursos. Definidos conceitos sobre ferramenta, método, paradigmas e afins, foi realizado um levantamento a cerca dos recursos disponíveis quando se trata de Desenvolvimento Sustentável. A seguir, fez-se um estudo sobre a origem e aplicações dos recursos nas indústrias e na sociedade, definindo também a relevância dos mesmos sobre cada um dos três aspectos que atuam no Desenvolvimento Sustentável.

A partir do estudo realizado, foi possível observar o desenvolvimento de cada um dos recursos ao longo do tempo, e seu grau de aplicabilidade nos projetos industriais. As práticas puderam ser vistas como meios ou como fins para se ter as características de sustentabilidade desejadas. Algumas delas, no entanto, são idéias novas e inovadoras, que servem como impulso para aumentar o grau de sustentabilidade das industriais. Outras, no entanto, são praticas bastante difundidas, aceitas como fonte de sucesso nos negócios e benéficas ao meio ambiente.

O estudo dos diversos recursos permitiu que tanto as dúvidas como as certezas sobre os recursos pudessem ser analisadas de maneira crítica de modo a favorecer o entendimento e modo de aplicação de cada um nas práticas da sociedade. Desta forma, trabalhos futuros podem ser realizados contemplando aplicações ou aprimoramento de recursos específicos de modo a prover melhorias econômicas, sociais e ambientais para uma geração adequada às idéias de sustentabilidade.

Referências

- ABELE, E.; ANDERL, R.; BIRKHOFFER, H. G. *Environmentally-friendly product development: methods and tools*. Londres: Springer, 2005.
- BACK, Nelson et al. *Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. Barueri: Manoele, 2008.
- BAXTER, Mike. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BOWEN, F. E.; COUSINS, P. D.; LAMMING, R. C.; FARUK, A. C. *Horses for Courses: Explaining the Gap Between the Theory and Practice of Green Supply*. Greener Management International, v. 35, Autumn, 2001.
- CALDWELL, Bruce. *Reverse Logistics*. Information Week, 1999. Disponível em: <www.informationweek.com>. Acesso em 23.12.2009.
- CAPRA, Fritjof. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix, 2006.
- CASAGRANDE JR., Eloy Fassi. *Inovação Tecnológica e Sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma possível interface*. Curitiba: PPGTE/CEFET-PR, 2004.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P A. *Metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

- CHAVES, G. L. D.; BATALHA, M. O.. *Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em rede de hipermercados*. *Gestão e Produção*, v.13, n.3, p.423-434, 2006.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston-Mass: Harvard Business School Press, 1991.
- CLARK, K. B.; WHEELWRIGTH, S. C. *Managing new product and process development: text and cases*. New York: The Free Press, 1993.
- CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas. *Cinco Fases da Implantação de Técnicas de Produção mais Limpa, Série Manuais de Produção mais Limpa*. Porto Alegre: SENAI-RS, 2003. Disponível em: <http://www.senairs.org.br/cntl/>. Acesso em 24.12.2009.
- DAHER, C.E.; SILVA, E.P.S.; FONSECA, A.P.. *Logística Reversa: Oportunidade para Redução de Custos através do Gerenciamento da Cadeia Integrada de Valor*. *Brazilian Business Review*, v.3, n1, 2006.
- FUAD-LUKE, Alastair. *Manual de diseño ecológico*. Palma de Mallorca: Cartago S.L., 2002.
- GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B.; BONILLA, S. H. *Implementação de eco-tecnologias rumo à ecologia industrial*. *RAE-eletrônica*, São Paulo, v. 2, n. 1, [s.p.], janeiro/junho, 2003. Disponível em: <www.rae.com.br>. Acesso em: 18 set 2009.
- GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. *Pela sustentabilidade de um design brasileiro*. Revista D.: design, educação, sociedade e sustentabilidade. N. 1. Porto Alegre: Editora UniRitter, 2006.
- HARDI, P.; ZDAN, T. *Assessing sustainable development: principles in practice*. Winnipeg: IISD, 1997.
- HERRMANN, Thomas. *Systems design with the socio-technical walkthrough*. In: WHITWORTH, B.; DE MOORE, A. *Handbook of research on socio-technical design and social networking systems*. Hershey: Idea Group Publishing, 2009. p. 336-351. Disponível em: <<https://web-imtm.iaw.ruhr-uni-bochum.de/sociotech-lit/Herr09-SDw.pdf>> Acesso em: 06 out 2009.
- KAZAZIAN, Thierry. *Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.
- KOTA, Srinivas; CHAKRABARTI, Amaresh. *Use of DfE methodologies and tools – major barriers and challenges*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 16., 2007, Paris. *Proceedings of XVI ICED*. Paris: Indian Institute of Science, 2007. (cd-rom)
- KRAEMER, M. E. P.. *Análise de Ciclo de Vida*. Portal Universo Ambiental, 2007. Disponível em: <www.universoambiental.com.br>. Acesso em 29.12.2009.
- MARX, Ângela Maria. *Proposta de método de engenharia de requisitos para o desenvolvimento de produtos sustentáveis*. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- MBDC. McDONOUGH BRAUNGART DESIGN CHEMISTRY. *Cradle to cradle certification program*. Charlottesville: LCC, 2007. Disponível em: <www.mbdc.com> Acesso em: 19 out 2009.
- McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Remaking the way we make things: cradle to cradle*. New York: North Point Press, 2002.
- MELLO, Maria Celina Abreu de; NASCIMENTO, Luiz Felipe. *Produção mais limpa: um impulso para a inovação e a obtenção de vantagens competitivas*. Porto Alegre: UFRGS/ENEGEP, 2002.
- MIGUEL, P.A.C. *Implementação da Gestão de Portfolio de Novos Produtos: Um Estudo de Caso*. *Produção - São Paulo*, v. 18, p. 388-404, 2008.
- MUNDIM, A.P.F. et al. *Aplicando o cenário de desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional*. *Gestão e Produção*, v.9, n.1, p.1-16, 2002.

- MUSSI, Rafaela. *Cases de Ecodesign*. Paraná: Portal Ambiente Brasil, 2009. Disponível em: <blog.ambientebrasil.com.br>. Acesso em 12.11.2009.
- NASCIMENTO, Luís Filipe; MELLO, Maria Celina Abreu de; LEMOS, Angela Denise da Cunha. *Gestão Socioambiental Estratégica*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- PAULI, Gunter. *Emissão zero: a busca de novos paradigmas: o que os negócios podem oferecer à sociedade*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.
- PAULI, Günter. *Upsizing: Como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição*. Porto Alegre: L&PM, 1998.
- PIGOSSO, D. C. A. ; GUELERE FILHO, A. ; ROZENFELD, H. . Melhoria do Desempenho Ambiental de Produtos através da Integração de Métodos do Ecodesign ao Processo de Desenvolvimento Produtos. In: 1st International Workshop Advances in Cleaner Production, 2007, São Paulo. *1st International Workshop Advances in Cleaner Production*, 2007.
- RIBEIRO, Adagenor Lobato. *Sistemas, indicadores e desenvolvimento sustentável*. Belém: UFPA, 2004. 25 p. Disponível em: <www2.desenvolvimento.gov.br/arquivo/sti/publicacoes/indBrasOpoDesafios/saber/adagenor.pdf> Acesso em: 15 out 2009.
- ROGERS D. S.; TIBBEN-LEMBKE, RONALD S. *Going Backwards: Reverse Logistics Practice*. IL: Reverse Logistics Exectuve Council, 1999.
- ROZENFELD, H.; AMARAL, D.C; FORCELLINI, F.A.; TOLEDO; J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K., *Gestão do Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo*. Saraiva, São Paulo, 2006.
- SCHENDEL, Christoph; BIRKHOFER, Herbert. Implementation of design for environment principles and methods in a company – practical recommendations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 16., 2007, Paris. *Proceedings of XVI ICED*. Paris: Indian Institute of Science, 2007. (cd-rom)
- SRIVASTARA, S. K.. *Green Supply-Chain Management: A State-of-The-Art Literature Review*. International Journal of Management Reviews, v. 9 (53-80), 2007.
- VEZZOLLI, C.; MANZINI, E. *Design for environmental sustainability*. London: Springer, 2008.
- WEIZSÄCKER, Ernst Ulrich; LOVINS, Amory B., LOVINS, L. Hunter. *Factor four: doubling wealth - halving resource use*. UK: Earthscan, 1998.