

# Dimensão ambiental e os fatores gerenciais do processo de desenvolvimento de produto

Data de recebimento: 01/09/2007  
Data de aprovação: 09/10/2007

Caroline Izumi Kawamoto, (Escola de Engenharia de São Carlos da USP).

• Av. Trabalhador São-carlense, 400 – Bairro Centro – São Carlos-SP – CEP 13566-590

Fernando César Almada Santos (Escola de Engenharia de São Carlos da USP) – almada@sc.usp.br

Charbel José Chiappetta Jabbour (Escola de Engenharia de São Carlos da USP) – cjabbour@terra.com.br

## Resumo

O objetivo do trabalho é estudar como os fatores gerenciais determinantes do desempenho do processo de desenvolvimento de produto (PDP), se alteram, em função da inserção da variável ambiental no contexto organizacional. Buscaram-se na literatura concernente ao tema, fatores gerenciais que influenciam a performance do processo, a saber, integração do PDP às estratégias da empresa, integração das áreas funcionais da empresa, papel dos líderes de projeto, desenvolvimento, envolvimento da cadeia de fornecedores e clientes, estruturação das etapas e das atividades do processo e uma análise aprofundada do processo de desenvolvimento de produtos. Com base na abordagem original desses fatores e considerando a dimensão ambiental, as principais alterações no processo de desenvolvimento de produto foram sistematizadas. Em especial, os autores focaram na análise da estrutura do PDP, com a inserção da variável ambiental e utilização de ferramentas e metodologias ambientais. Por fim, verificou-se a necessidade de dar prosseguimento ao estudo teórico e realização de pesquisas de campo, para explorar como os fatores gerenciais determinam a plena inserção da dimensão ambiental no PDP.

**Palavras-chave:** Processo de desenvolvimento de produtos; Fatores gerenciais; Variável ambiental; Ferramentas e metodologias ambientais.

## Abstract

The objective of this article is to study how the performance determining managerial factors of the product development process (PDP) change in function of the insertion of the environmental variable in the organizational context. Managerial factors were researched in the literature pursuant to theme that influence process performance, such as the integration of PDP to company strategies, the integration of the company's functional areas, the role of project leaders, development, involvement of the supplier and client chain, structuring of process phases and activities and a broad analysis of the product development process. Based on the original approach of these factors, and considering the environmental dimension, the main changes in the product development process were systematized. Most especially, the authors focused on analyzing the PDP structure with the insertion of the environmental variable and utilization of environmental tools and methodologies. In conclusion, the need to continue the theoretical study and carry out field research to explore how the managerial factors determine the full insertion of the environmental dimension in PDP was verified.

**Keywords:** Product development process; Managerial factors, Environmental variable; Environmental tools and methodologies.

## 1. INTRODUÇÃO

Dada a necessidade de as empresas reconhecerem sua responsabilidade sobre o meio ambiente, faz-se pertinente a seguinte colocação: “Como a competitividade pode se tornar o fator capaz de mobilizar os melhores recursos *projetuais* e de empreendimentos na pesquisa de soluções intrinsecamente mais sustentáveis?” (MANZINI e VEZZOLI, 2002, p.81). Com base nesse questionamento, o artigo tem como objetivo contribuir para resolver a questão, por meio do estudo da abordagem dos fatores gerenciais críticos ao processo de desenvolvimento de produtos (PDP), ao se incluir a variável ambiental.

A seguir, define-se gestão ambiental estratégica e desenvolvimento de produtos ambientalmente sustentáveis (DPAS). Na seção 2, são abordados os fatores gerenciais importantes ao PDP e sua diferente abordagem ao se inserir a variável ambiental. O último item é dividido em duas partes: processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis e ferramentas e metodologias ambientais. Esse foco justifica-se pela necessidade de suprir a lacuna existente que relacione o uso dessas ferramentas e metodologias aos aspectos organizacionais (MATHIEUX *et al.*, 2001).

### 1.1. Gestão Ambiental Estratégica

*Gestão ambiental* pode ser definida como uma metodologia, pela qual organizações que atuam de maneira estruturada, avaliam e definem suas operações, a fim de assegurar que estão trabalhando de forma ambientalmente legítima. Definidos os impactos de suas atividades sobre o meio ambiente, a administração propõe ações (dentro de cronogramas definidos) para minimizar ou reduzir aqueles impactos que consideram (sob critérios definidos por eles mesmos) prejudiciais (ROWLAND-JONES *et al.*, 2005).

Barbieri (2004) identifica três formas de abordagem de gestão ambiental. Uma delas é o *controle da poluição*, cuja postura reativa leva apenas ao cumprimento da legislação e ao estabelecimento de práticas para impedir os efeitos decorrentes dos rejeitos gerados pelos processos produtivos, a chamada solução *end-of-pipe*. Outro posicionamento é a *prevenção da poluição*, em que se conjugam esforços para se obter a eco-eficiência da função produção. Por fim, de postura pró-ativa, a *abordagem estratégica* incorpora a variável ambiental na estratégia da empresa. Assim, além de práticas de controle e prevenção da poluição, a organização procura aproveitar as oportunidades mercadológicas e se antecipar aos problemas referentes à questão ambiental.

Sob este ponto de vista, conceitua-se *gestão ambiental estratégica* como “um conjunto consistente de políticas e práticas administrativas operacionais que consideram a proteção do meio ambiente por meio da mitigação de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implantação, operação, ampliação, realocação ou desativação de empreendimentos ou atividades, incluindo-se todas as fases do ciclo de vida do produto” (ROHRICH e CUNHA, 2004, p.3), procurando conjugar diferentes atividades administrativas e operacionais para abordar problemas ambientais (BARBIERI, 2004). Vale ressaltar que sua adoção requer decisões nos níveis mais elevados da administração, enviando uma clara mensagem à organização de que se trata de um compromisso corporativo (CORAZZA, 2003).

No momento atual, em que as questões ambientais tornam-se fatores críticos e, assim, uma postura mais pró-ativa é exigida das organizações, a área de desenvolvimento de produto (DP) tem sido objeto de estudo, não apenas no que se refere à procura de novas tecnologias e soluções técnicas, mas também à busca de novas configurações organizacionais e novos procedimentos de trabalho.

### 1.2. Desenvolvimento de Produtos Ambientalmente Sustentáveis (DPAS)

Tradicionalmente, três fatores orientam o desenvolvimento de produtos (KAEBERNICK *et al.* 2003): (a) a *performance* do produto; (b) o custo do produto; (c) o custo de desenvolvimento. Todavia, para reduzir o *time-to-market*, mais um fator é incorporado: a velocidade de desenvolvimento. *E com o reconhecimento de que é preciso atingir um desenvolvimento sustentável, há um quinto objetivo: a performance ambiental.*

O objetivo não é projetar um produto com impacto ambiental zero, considerando que qualquer processo tem inevitáveis conseqüências sobre o meio ambiente. Como as alterações provocadas pelo homem são contínuas e intensas, não há tempo suficiente para a natureza se restaurar. Assim, entendemos que na atividade de desenvolvimento de produtos devem-se projetar produtos e processos, que respeitem essa capacidade regenerativa e, portanto, desenvolver mecanismos para repensar e reprojetar soluções convencionais (KAWAMOTO *et al.*, 2006). Dessa forma, o *desenvolvimento de produtos ambientalmente sustentáveis* (DPAS) é entendido como uma atividade, na qual questões ambientais são explicitamente integradas ao processo de desenvolvimento de produtos (PDP), de forma a criar um produto menos prejudicial possível ao meio ambiente.

A importância do DPAS na gestão ambiental estratégica reside no fato de que quando aspectos ambientais são integrados em todo o processo de transformação, tanto no nível tático quanto estratégico, tais processos tendem a ser eficientes e eficazes, gerando valores a todos os *stakeholders* (ANGELL e KLASSEN, 1999). Quando os objetivos ambientais não são traduzidos explicitamente no desenvolvimento de produtos, o resultado é inevitavelmente a solução *end-of-pipe*, uma vez que os resíduos gerados são uma conseqüência direta das decisões tomadas pelos *Designers*. Assim, os objetivos ambientais da empresa devem ser incorporados ao processo de desenvolvimento de produtos, estabelecendo metas ambientais, juntamente com custos, especificações técnicas e de processos, etc. (HANDFIELD *et al.*, 2001).

O sucesso do desenvolvimento de produtos não é obtido apenas por meio de um aumento nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento ou introdução de novas ferramentas ou metodologias, embora essas possam ser as respostas para algumas empresas. Sua *performance* é grandemente determinada pela estratégia do produto e pelas competências organizacionais desenvolvidas em todo o processo. Isso significa que aquilo que a organização faz (estratégia do produto) e como ela faz (gerenciamento do projeto), isto é, o grau de consistência do sistema de desenvolvimento, que inclui estrutura organizacional, habilidades técnicas, processo de solução de problema, cultura e estratégia, é que irão determinar o sucesso ou o fracasso do produto (CLARK e FUJIMOTO, 1999).

Rozenfeld *et al.* (2006) listam fatores gerenciais que afetam o desempenho do PDP, que são:

- integração do pdp às estratégias da empresa;
- papel dos líderes de projeto;
- integração das áreas funcionais da empresa;
- desenvolvimento;
- envolvimento da cadeia de fornecedores e clientes;
- estruturação das etapas e das atividades do PDP.

Destarte, a proposta do artigo é *identificar como esses aspectos organizacionais, críticos ao sucesso do PDP, se alteram frente à inserção da variável ambiental.*

## 2. EVOLUÇÃO DOS ASPECTOS DETERMINANTES DO PDP RUMO À INCORPORAÇÃO DA VARIÁVEL AMBIENTAL

### 2.1. Integração do PDP às estratégias de mercado, de produto e de desenvolvimento tecnológico

As atividades realizadas no decorrer do processo de desenvolvimento do produto devem estar alinhadas às estratégias de mercado, do produto e de desenvolvimento tecnológico. Isso garante a execução de projetos adequados, do ponto de vista estratégico, a visibilidade da contribuição das atividades do PDP para a competitividade da empresa e o apoio da alta administração (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Assim sendo, a inserção da variável ambiental no pdp deve ocorrer em consonância com as estratégias de mercado, de produto e de desenvolvimento tecnológico, para que suas atividades não destoem da estratégia geral da empresa. Porém, para que essa integração seja efetiva, a nova definição dessas estratégias, com relação ao meio ambiente, deve ser devidamente estruturada de modo a permitir à administração planejar e prover os recursos necessários às atividades de DP. De fato, Handfield *et al.* (2001) afirmam que a falta de uma definição clara e precisa dos objetivos ambientais impede ações concretas por parte dos projetistas, isto é, objetivos, como “construir um mundo melhor”, não ajudam a direcionar os esforços necessários. Ao contrário, quando os objetivos são tangíveis e mensuráveis, tais como reduzir a emissão de gás carbônico e diminuir a quantidade de rejeitos, provêm-se bases para medir o progresso.

## 2.2. Integração das áreas funcionais da empresa

Esta integração pode, antecipadamente, prevenir e resolver problemas, por meio da colaboração e da troca de informações entre as diversas áreas funcionais, em todas as fases do desenvolvimento. Facilita também, a abordagem das questões do projeto relativas a *interfaces* entre os departamentos (ROZENFELD *et al.*, 2006).

A Figura 1 mostra uma distribuição qualitativa das diversas áreas de conhecimento no PDP e que uma dada área é mais ativa em uma determinada fase do desenvolvimento. Observa-se que a área de conhecimento do meio ambiente é necessária em todas as etapas do PDP (embora ROZENFELD *et al.*(2006) identifiquem a sua ausência na fase de projeto detalhado, acredita-se que essa afirmação não se justifica). Se cada área puder contribuir com conhecimento ambiental, o produto pode apresentar uma boa *performance* ambiental, além de melhorar a eficiência e a eficácia do processo.

Área de Conhecimento	Projeto informacional	Projeto conceitual	Projeto detalhado	Preparação produção	Lançamento do produto
Meio ambiente	■	■		■	■
Marketing	■	■	■		■
Engenharia do produto	■	■	■		
Engenharia de processo	■	■	■	■	
Produção	■	■	■	■	■
Suprimentos	■	■	■	■	■
Qualidade	■	■	■	■	■
Custos	■	■	■	■	■

FIGURA 1 – Distribuição qualitativa típica das atividades por área de conhecimento no PDP.

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

Corazza (2003) constata que “departamentos do meio ambiente” são elementos comuns a grandes empresas. Segundo Pujari *et al.* (2004), a *interface* estabelecida entre especialistas ambientais e gerentes de projeto, *marketing*, etc. é um elemento-chave para o DPAS. Todavia, com a existência de um departamento

específico, para lidar com as questões ambientais, pode-se incorrer no risco de se ignorar ou marginalizar os problemas (HANDFIELD *et al.*, 2001). Desta forma, mesmo que haja especialistas, se esse conhecimento não for desenvolvido com e pelos projetistas, os problemas podem até ser sanados, mas isso não irá mudar os pensamentos que os criaram (SENGE, 1999).

A área de *marketing* pode descobrir mais sobre um mercado que busca por produtos ambientalmente amigáveis, definindo novas oportunidades de negócio, em termos de demanda e procurando métodos de *marketing*, distribuição e venda que diminuam os impactos ambientais (HUTCHINSON, 1996). A área de custos pode ajudar na avaliação dos custos associados aos impactos ambientais, ao longo do ciclo de vida do produto. A engenharia de processo pode gerar processos com menor impacto ambiental. A engenharia de produto pode desenvolver soluções alternativas para a concepção do produto.

Na ABB, empresa de automação tecnológica, existem um grupo funcional relacionado às questões de Sustentabilidade (*Group Function Sustainability Affairs*) e um grupo de apoio à Pesquisa Corporativa (*Corporate Research*), mais relacionado a questões técnicas, cuja função é fornecer ferramentas, informação e apoio de especialistas para as áreas de negócio. No começo, a integração da variável ambiental, no processo de desenvolvimento de produto, era realizada por meio de especialistas em assuntos ambientais, que serviram para trazer conhecimentos para a área de desenvolvimento de produtos (TINGSTRÖM *et al.*, 2005). Entretanto, ao final desse processo, todos os envolvidos sentiam-se responsáveis pela questão ambiental. Hoje, essas unidades ambientais específicas servem de apoio para os diversos atores do PDP.

Cada área pode contribuir com o conhecimento ambiental que, somado à formação de equipes interfuncionais, pode levar a melhorias ambientais, mediante coordenação entre departamentos, cujos benefícios são: (I) o conhecimento coletivo de modo a desenvolver soluções abrangentes; (II) evitar duplicidade de esforços e obter ações coordenadas; (III) efetivo envolvimento dos funcionários (GOVINDARAJULU e DAILY, 2004).

### 2.3. Papel dos líderes de projeto

Os líderes influenciam diretamente o desempenho da equipe, dependendo do grau de conexão que estabelece com a alta administração e com outras áreas funcionais, da maneira como gerencia as atividades do projeto e mantém a motivação do time. O líder deve ser capaz de resolver conflitos, isolar a equipe de problemas exteriores, prover recursos e bom ambiente de trabalho e ter uma visão ampla das metas e dos objetivos a serem perseguidos (ROZENFELD *et al.*, 2006).

No contexto do DPAS, o líder de projeto passa a ter mais uma tarefa: entender as questões ambientais e prover um ambiente que permita que os projetistas façam inovações ambientais no produto, por intermédio da disponibilização de tempo e de recursos para experimentação (GOVINDARAJULU e DAILY, 2004). Os líderes ambientais são necessários para possibilitar (a) o entendimento do negócio; (b) a identificação de quais decisões a equipe de desenvolvimento de produto deve tomar; (c) ajudar a equipe a entender o impacto de suas decisões. Isso implica que o líder deve aprender e entender os princípios do DfE (*Design for Environment*) e traduzi-los para uma linguagem compatível com o negócio e a cultura da empresa (CHARTER, 2001). A capacidade de comunicação dos objetivos e a maneira de articular as pessoas de diferentes áreas de conhecimento, poderão alterar modelos mentais - conjunto de princípios, por meio do qual o indivíduo interpreta o problema e avalia a validade das alternativas (RAVASI e LOJACONO, 2005).

Os líderes, em termos ambientais, precisam de recursos adequados, total apoio e autoridade delegada pela alta administração (ZUTSHI e SOHAL, 2004). Na ABB, o líder de projeto tem a total responsabilidade de fazer as considerações ambientais em seu projeto, contando com o total apoio do órgão de suporte (*supporting organization*), que lhe fornece ferramentas e competências requeridas pela equipe (TINGSTRÖM *et al.*, 2005).

## 2.4. Desenvolvimento

Uma equipe coesa e integrada, cujos membros compartilham uma mesma visão e os mesmos objetivos do projeto, é capaz de traduzir as informações sobre o mercado e sobre as tecnologias em informações, para a realização de todas as fases do ciclo de vida do produto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Dessa forma, todos os atores que participam do projeto devem ter a mesma cultura ambiental e usar a mesma linguagem e, assim, eles podem cooperar com os objetivos comuns. Segundo Mathieux *et al.* (2001), a busca por um dpas pode ser uma fonte de cooperação se todos buscarem o mesmo objetivo, isto é, promover melhorias no produto, no que diz respeito à performance, custos e impactos ambientais.

Para Pujari *et al.* (2003), cooperação fraca ou comunicação falha entre diferentes áreas funcionais é um dos fatores que dificultam a inovação do produto. Contudo, se a empresa for capaz de articular equipes, provavelmente terá um desempenho superior no DPAS, uma vez que os projetos demandam a conjugação de diversos tipos de competências (JABBOUR e SANTOS, 2007).

## 2.5. Envolvimento da cadeia de fornecedores e clientes

A proximidade com o fornecedor pode reduzir o *time-to-market* e aumentar a produtividade do desenvolvimento, por meio da diminuição da complexidade do projeto e da antecipação da solução de problemas no projeto, por parte da equipe de desenvolvimento dos fornecedores. Já com relação aos clientes, considera-se que o seu envolvimento melhora, principalmente, a adequação do conceito do produto às necessidades dos usuários (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Em estudo realizado na empresa alemã Heidelberg Druckmaschinen AG, Tischener e Nickel (2003) constataram que contatos com representantes de outras empresas contribuíram para o enriquecimento do projeto, em particular, empresas que pertenciam à cadeia de suprimentos que ajudaram a desenvolver o conceito de ciclo de vida e a aplicar a ferramenta ACV (Análise do Ciclo de Vida). Com relação a seus consumidores, estabeleceu meios de prover informações sobre impactos ambientais, relacionados ao produto, especialmente na fase de uso, legislação ambiental, auditorias e certificações ambientais.

De fato, segundo Angell e Klassen (1999), se problemas ambientais envolvem fornecedores e clientes da cadeia de suprimentos, surgem questões sobre como alavancar as competências ambientais.

## 2.6. Estruturação das etapas e das atividades do processo

A estruturação do PDP, em um modelo simbólico e formal de referência na empresa, auxilia o gerenciamento, o entendimento e a comunicação entre os atores externos e internos e facilita a implantação e a integração de métodos, técnicas e sistema de apoio ao PDP. Esse modelo deve descrever as atividades, os resultados esperados, os responsáveis, os recursos disponíveis, as ferramentas de suporte e as informações necessárias ou geradas no processo. O modelo geral para sua gestão determina o desempenho do DP e a capacidade de a empresa controlar o processo de desenvolvimento e de interagir com o mercado e com as fontes de inovação tecnológica (ROZENFELD *et al.*, 2006). É por isso que Ritzén e Beskow (2001) afirmam ser importante desenvolver procedimentos de trabalho formais, que claramente indiquem e exijam esforços ambientais.

### 2.6.1. Processo de desenvolvimento de produtos

A Figura 2 mostra algumas atividades desenvolvidas ao longo do PDP. Lembra-se que na prática, as fases não são lineares como as apresentadas, sendo a realidade mais complexa do que a apresentada.

Na primeira etapa, no *projeto informacional*, necessidades qualitativas dos clientes devem ser traduzidas em características técnicas do produto e, assim, criam-se as especificações-meta do projeto - conjun-

to de objetivos ou metas do produto determinados, a partir dos requisitos dos clientes e do produto. De acordo com Luttrupp e Lagerstedt (2006), decisões tomadas logo no início do PDP, influenciam a seleção de materiais e componentes, bem como os atributos do ciclo de vida, tais como produção, uso e descarte. Assim, é mister que as questões ambientais sejam consideradas desde o início. Algumas ferramentas utilizadas são *brainstorming*, *checklists* e informações de outros projetos.

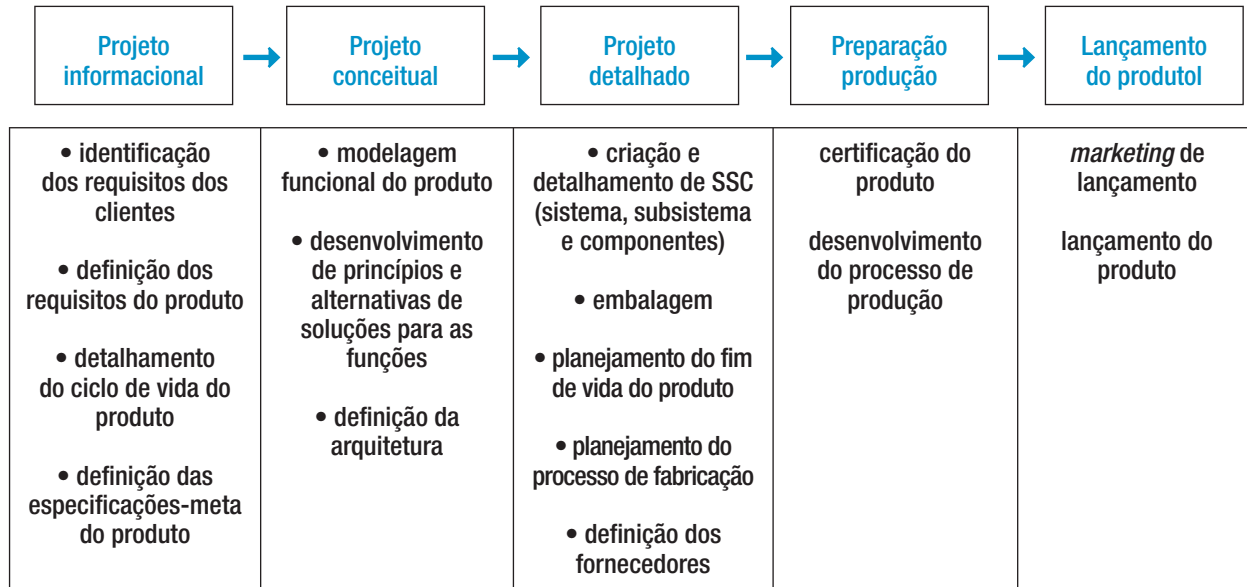


FIGURA 2 – Processo de desenvolvimento de produtos.

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

Neste momento, surgem várias idéias e *trade-offs*. Uma possível ferramenta para auxiliar os projetistas, na busca pelo consenso nas diferentes definições sobre o produto, é o QFD (*Quality Function Deployment*), que possibilita estabelecer relações entre as necessidades dos clientes e os requisitos do projeto e verificar conflitos entre os requisitos de projeto e as dificuldades técnicas associadas a cada requisito. Para lidar com as questões ambientais, Rahimi e Weidner (2002) desenvolveram um estudo do QFD, com considerações ambientais.

Na fase de *concepção do produto*, as atividades compreendem a busca de soluções para as funções do produto, por meio de *benchmarking* (criação de solução), que pode ser auxiliado por métodos de criatividade (*brainstorming*) e a seleção da solução que seja capaz de atender às especificações-meta, empregando-se métodos apropriados de análise. Na fase do *projeto detalhado*, todas as soluções detalhadas (materiais e processos) do produto são determinadas, sendo que, muitas vezes, existem inúmeras soluções em um estágio inicial (NIELSEN e WENZEL, 2002). Nessas duas fases, devem-se escolher as melhores opções, considerando as necessidades ambientais.

Nas fases iniciais do PDP, o conhecimento sobre o produto é pequeno, todavia a liberdade do projetista é grande, pois são poucas as especificações do produto definidas. Porém, nas etapas finais, *preparação da produção* e *lançamento do produto*, as características técnicas do produto estão bem definidas; dessa forma, são pequenas as possibilidades de se fazer alterações e poucas decisões que melhorem a *performance* ambiental do produto, podem ser implementadas.

## 2.6.2. Ferramentas e metodologias ambientais

Quando se considera a variável ambiental, a utilização do DfE pode ajudar a definir os objetivos ambientais do projeto, além de ajudar a assegurar que princípios ambientais estão sendo considerados durante o projeto (DONNELLY *et al.*, 2005; LUTTROPP e LARGESTDT, 2006). Assim, o DfE deve ser um

guia completo de considerações ambientais, de modo a prover uma visão global dos objetivos ambientais. Segundo Luttrupp e Largestdt (2006), é conveniente que cada área funcional selecione as diretrizes que lhe são relevantes e as personalize, para que se ajustem ao seu trabalho, ou seja, o DfE deve ser adaptado para atender às necessidades específicas de cada agente.

Para estimular o desenvolvimento de eco-idéias na Honda, foi implantado um sistema de *brainstorming* para resolver problemas ambientais relacionados à empresa, chamado *NH Circles* (*Now Honda, New Honda, Next Honda*), que consiste em um grupo de cinco a dez pessoas que se reúnem voluntariamente para conduzir o que eles chamam de “*waigaya*”, uma sessão de discussão, caracterizada por ser livre e não hierárquica (LIN *et al.*, 2001). Um aspecto importante a ser ressaltado na formação dessas equipes, é a interfuncionalidade. Se por um lado, os projetistas podem compreender os objetivos dos administradores de diferentes áreas, por outro, também podem entender os *trade-offs* que surgem e então, alocar os recursos necessários e prover a informação adequada (KAWAMOTO *et al.*, 2006).

Em um momento inicial, é mais difícil se aplicar métodos quantitativos, como a ACV, principalmente quando a empresa não possui uma análise quantitativa acurada de seus impactos ambientais, relacionados ao tipo de produto. Nesta situação, é mais vantajoso aplicar método mais qualitativo, como o EEA (*Environmental Effect Analysis*), baseado em uma análise que utiliza o conhecimento disponível da equipe, o que torna a análise, relativamente fácil e a exclusão de idéias, mais rápida.

A aplicação da ACV, entretanto, é necessária para determinar ou até mesmo estimar os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida do produto. Qualquer medição realizada nos estágios iniciais pode ter importantes implicações nas etapas posteriores e resultar em redução nos custos, emissões, volume de rejeitos e, portanto, do custo final. Por outro lado, é extremamente difícil e custoso modificar o produto, quando o processo já se encontra em um estágio avançado de desenvolvimento ou mesmo de produção (KAWAMOTO *et al.*, 2006).

Muitos estudos indicam a dificuldade em se utilizar ferramentas ou metodologias ambientais, como a ACV (TISCHNER e NEICKEL, 2001; MILLET *et al.*, 2005). No entanto, outros estudos indicam que, para se utilizar, efetivamente, as ferramentas e metodologias ambientais, são necessários esforço substancial para adquirir *know-how*, informação, experiência e seleção de ferramentas adequadas, que gerem resultados significativos no tempo certo (FINKBEINER *et al.*, 2006). Na ABB, por exemplo, os projetistas foram treinados para utilizar ACV e outras ferramentas ambientais, pelo grupo de apoio à sustentabilidade ambiental, pertencente ao nível de pesquisa corporativa. Além disso, foi criada uma “caixa de ferramentas” disponível na *Intranet*, onde os projetistas podem escolher as ferramentas para ajudá-los em suas tarefas (TINGSTRÖM *et al.*, 2005).

A ACV pode ser uma ferramenta muito útil, dependendo da maneira como o usuário lida com o ambiente e com as outras variáveis – a forma como eles estruturam e definem o problema, propõem alternativas e implementam soluções. Todas essas ações definem a velocidade, a eficiência e a eficácia do PDP (CLARK e WHEELRIGHT, 1993).

O importante, no final do processo de desenvolvimento de produtos, é que se tenha uma documentação completa de todas as atividades. A Mercedes Car Group, por exemplo, utiliza a ACV por mais de dez anos, em todos os componentes do carro. Dessa forma, ela tem um acervo amplo em *database* dos processos internos e também, dos fornecedores, o que possibilita o acesso de seus projetistas para eventuais comparações de desempenho de projetos em desenvolvimento (FINKBEINER *et al.*, 2006), contribuindo para a geração de conhecimento ambiental na empresa.

A base de dados (*database*) deveria fazer parte do sistema de informação da organização, com dados sobre regulamentações, processos, químicas e material, para possibilitar uma escolha que pondere riscos e custos (PUJARI *et al.*, 2003). A falta de dados ambientais constitui um verdadeiro obstáculo para o DfE. Além disso, a falta de medições adequadas ou a falha em assimilar o entendimento sobre impactos ambientais dos produtos da empresa, torna a aplicação do DfE mais difícil. Isso significa que muitas ferramentas e metodologias ambientais podem se tornar difíceis de ser utilizadas, não apenas devido a dificuldades téc-

nicas, mas porque muitas ferramentas dependem de um conhecimento anterior; assim sendo, é necessária uma estratégia a longo prazo, para definir uma estrutura de PDP, incluindo o desenvolvimento de competências (TINGSTÖM *et al.*, 2005).

No presente trabalho, foram abordadas, principalmente, as seguintes ferramentas: *Design* para o Meio Ambiente (*Design for Environment - DfE*), Análise do Ciclo de Vida (ACV) e Análise dos Efeitos Ambientais (EEA – *Environmental Effect Analysis*), uma vez que estão mais ligadas à estratégia de desenvolvimento do produto (SARKIS, 2001). A Figura 3 apresenta uma breve explicação das ferramentas abordadas neste artigo.

<p style="text-align: center;">ACV Análise do Ciclo de Vida</p>	<p>Normatizada pela ISO 14040, a ACV é uma metodologia que avalia o tipo e a quantidade de <i>inputs</i> (energia, matéria-prima) e de <i>outputs</i> (emissões e rejeitos), de modo a identificar e entender a amplitude real do sistema associado ao produto e as conseqüências a ela atreladas, sob o ponto de vista <i>cradle-to-grave</i> (do berço ao túmulo) (FULLER e OTTMAN, 2004) – entendida como uma perspectiva que engloba desde a fase de concepção e produção até a disposição dos resíduos e descarte do produto. Essa análise <i>cradle-to-grave</i> confere um aspecto monetário a cada impacto ambiental dos componentes do produto.</p>
<p style="text-align: center;">DfE <i>Design for Environment</i></p>	<p>O DfE pode ser considerado como um conjunto de diretrizes, com o objetivo de projetar produtos com o máximo de qualidade de atributos ambientais, por todo o ciclo de vida do produto, ou seja, desde a extração de matéria-prima à produção, empacotamento e transporte, a fase de uso e ao descarte do produto.</p> <p>O DfE se desdobra em diferentes possibilidades de DfX. O X pode ser substituído por uma outra letra, de acordo com os objetivos ambientais a serem alcançados. Os diversos DfX encontrados na literatura (LIN <i>et al.</i>, 2001; BARBIERI, 2004; STEVELS, 2001), foram: Projeto para Refabricação: Projeto para Reutilização: Projeto para Desmontagem: Projeto para Reciclagem: Projeto para Redução de Riscos: Projeto para Cadeia de Suprimentos: Projeto para Conservação de Recursos</p>
<p style="text-align: center;">AEA Análise dos Efeitos Ambientais</p>	<p>Tingström e Karlsson (2006) estudam ainda o método de análise dos efeitos ambientais (EEA – <i>Environmental Effect Analysis</i>), cujo princípio básico é listar as principais atividades que podem ter influência ambiental. Para cada atividade, é julgada sua gravidade e sugeridos meios de fazer melhorias, que reduzirão os impactos do produto. EEA é basicamente um método qualitativo que pode ser usado desde o começo do DP, já que não requer dados quantitativos precisos. Essa ferramenta, relativamente nova, é uma variação do FMEA (<i>Failure Mode Effect Analysis</i>), com considerações ambientais. O FMEA consiste na identificação de potenciais falhas e seus riscos são avaliados por meio de índices. Com base nessa avaliação, são propostos ações de melhoria.</p>

FIGURA 3 – Ferramentas e metodologias ambientais.

### 3. CONCLUSÃO

O modelo do processo de desenvolvimento de produtos ambientalmente sustentáveis (DPAS) apresentado, não difere substancialmente do modelo de PDP tradicional. A análise dos fatores gerenciais determinantes do PDP tradicional demonstra que há mais sinergia do que conflito entre o PDP convencional e aquele com considerações ambientais (PUJARI *et al.*, 2003). A diferença está na introdução da variável ambiental, que faz surgir um maior número de parâmetros, o que conduz a uma abordagem diferente ou mais complexa para resolver os trade-offs que surgem.

Diversas ferramentas são estudadas na literatura concernente ao tema. Elas diferem no modo de análise, na fase do PDP, em que podem ser usados, nos dados de entrada e de saída e atores que podem usá-los (MATHIEUX *et al.*, 2001). Apesar disso, fato é que existem muitas ferramentas que são variações das

ferramentas já usadas no PDP tradicional: o *DfE* é um *checklist* com considerações ambientais; o EEA, variação do FMEA e o QFD e o *brainstorming* passam a abordar as questões ambientais, juntamente com outros requisitos.

Assim, vale ressaltar que o DPAS não é um processo radicalmente diferente do desenvolvimento de produtos convencional, mas, sim, com maior grau de complexidade (PUJARI *et al.*, 2003). Para que os objetivos do PDP sejam atingidos, é necessário que todos aqueles fatores gerenciais, aqui abordados, sejam repensados, acrescentado-se a variável ambiental, pois deve-se ter em mente que os recursos humanos da empresa é a maior ameaça ou o maior potencial para que os resultados desejados sejam alcançados (DONAIRE, 1999). Isso significa que essas ferramentas só poderão ser efetivamente utilizadas se os atores envolvidos nesse processo, realmente, compreenderem e assimilarem a necessidade de se considerar os aspectos ambientais. Lembra-se que o grau com que tais aspectos são ponderados, com relação a outros, durante o PDP, depende fundamentalmente do indivíduo e da equipe (LUTTROPP e LARGESTDT, 2006). Futuras pesquisas podem contemplar como cada área pode contribuir para alavancar as questões ambientais no PDP, já que, em função da etapa, uma área tende a apresentar maior contribuição do que outra.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELL, L.C.; KLASSEN, R.D. Integrating environmental issues into the mainstream: an agenda for research in operations management. **Journal of Operations Management**, v.17, pp.575-598, 1999.
- BARBIERI, J.C. **Gestão ambiental empresarial**. São Paulo: Saraiva, 2004.
- CHARTER, M. Darcy Winslow, General Manager, Sustainable Business Strategies, Nike Inc. US. **Journal of Sustainable Product Design**. v.1, pp.53-56, 2001.
- CLARK, K.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Massachusetts: Harvard Business School Press, 1999.
- CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Managing new product and process development: text and cases**. New York: Free Press, 1993.
- CORAZZA, R.I. Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional. **Revista de Administração de Empresas**, v.2, n°.2, pp.1-23, 2003.
- DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- DONNELLY, K.; BECKETT-FURNELL, Z.; TRAEGER, S.; OKRASINSKI, T.; HOLMAN, S. Eco-Design implemented through a product-based environmental management system. **Journal of Cleaner Production**, in press, pp.1-11, 2005.
- FAULKNER, D.; CARLISLE, Y.M.; VINEY, H. Changing corporate attitudes towards environmental policy. **Management of Environmental Quality**, v.16, n°.5, pp. 476-489, 2005.
- FINKBEINER, M; HOFFMANN, R.; RUHLAND, K.; LIEBHART, D.; STARK, B. Application of Life Cycle Assessment for the Environmental Certificate of the Mercedes-Benz S-Class. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.11, n°.4, pp. 240-246, 2006.
- FULLER, D.A.; OTTMAN, J.A. Moderating unintended pollution: the role of sustainable product Design. **Journal of Business Research**, v. 57, pp. 1231– 1238, 2004.
- GOVINDARAJULU, N.; DAILY, B.F. Motivating employees for environmental improvement. **Industrial Management & Data Systems**, v.104, n°.4, pp.364-372, 2004.
- HANFIELD R. B.; MELNYK S. A.; CALANTONE R. J.; CURKOVIC, S. Integrating environmental concerns into the Design process: the gap between theory and practice. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.48, n°.2, pp.18-208, 2001.

- HUTCHINSON, C. Corporate strategy and the environment. In: Welford, R.; Starkey, R. (org.) **Business and the environment: a reader**. Washington: Taylor and Francis, 1996.
- JABBOUR, C.J.C; SANTOS, F.C.A. Desenvolvimento de produtos sustentáveis: o papel da gestão de pessoas. **Revista de Administração Pública**, v.40, n.º.2, pp.283-307, 2007.
- JONES, D.; HARRISON, D.; MCLAREN, J. Managing Creative Eco-innovation: structuring outputs from eco-innovation projects. **Journal of Sustainable Product Development**, v.1, pp.27-39, 2001.
- KAEBERNICK, H.; KARA, S.; SUN, M. Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, v.19, pp. 461-468, 2003.
- KAWAMOTO, C.I.; SANTOS, F.C.A.; JABBOUR, C.J.C. **Combining eco-Design tools in the product development process**. In: IV Global Congress of Sustainable Manufacturing, São Carlos, SP, 2006.
- LIN, B.; JONES, C.A.; HSIEH, C.T. Environmental practices and assessment: a process perspective. **Industrial Management and Data Systems**, v.101/2, pp.71-79, 2001.
- LUTTROP C.; LAGERSTEDT, J. Eco-Design and the ten golden rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. **Journal of Cleaner Production**, v.14, pp.1396-1408, 2006.
- MANZINI E.; VEZZOLI C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: EDUSP, 2002.
- MATHIEUX, F.; REBITZER, G.; FERRENDIER, S.; SIMON, M.; FROELICH, D. Eco-Design in the European electronics industry: an analysis of the current practices based on cases studies. **Journal of Sustainable Product Design**, v.1, pp. 233-245, 2001.
- MILLET D.; BISTAGNINO, L.; LANZAVECCHIA, C.; CAMOUS, R.; POLDMA, T. Does the potential of the Use of LCA Match the Design Team Needs? **Journal of Cleaner Production**, in press, pp.1-12, 2005.
- NIELSEN, P.H.; WENZEL, H. Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v.10, pp. 247-257, 2002.
- PUJARI, D.; PEATTIE, K.; WRIGHT, G. Organizational antecedents of environmental responsiveness in industrial new product development. **Industrial Marketing Management**, v.33, pp.381-391, 2004.
- PUJARI, D.; WRIGHT, G.; PEATTIE, K. Green and competitive: influences on environmental new product development performance. **Journal of Business Research**, v.56, pp.657-671, 2003.
- RAHIMI, M.; WEIDNER, M. Integrating Design for Environment (DfE) impact matrix into Quality Function Deployment (QFD) Process. **Journal of Sustainable Product Design**, v.2, pp.29-41, 2002.
- RAVASI, D.; LOJACONO, G. Managing Design and Designers for strategic renewal. **Long Range Planning**, v.38, pp.51-77, 2005.
- RITZÉN, S.; BESKOW, C. Actions for integrating environmental aspects into product development. **Journal of Sustainable Product Design**, v.1, pp.91-102, 2001.
- ROHRICH, S. S.; CUNHA, J.C. A proposição de uma taxonomia para a análise da gestão ambiental no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, v.8, n.º.4, pp.81-97, 2004.
- ROWLAND-JONES, R.; PRYDE, M.; CRESSER, M. An evaluation of current environmental management systems as indicators of environmental performance. **Management of Environmental Quality**, v.16, pp.211-219, 2005.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006
- SARKIS, J. Manufacturing's role in corporate environmental sustainability: concerns for the new millennium. **International Journal of Operations & Production Management**, v.21, pp.666-686, 2001.

SENGE, P.M. **The fifth discipline**. London: Century Business, 1990.

STEVENS, A. Five ways to be green and profitable. **Journal of Sustainable Product Design**, v.1, pp.81-89, 2001.

TINGSTRÖM, J.; SWANSTRÖM, L.; KARLSSON, R. Sustainability management in product development projects - the ABB experience. **Journal of Cleaner Production**, in press, pp.1-9, 2005.

TINGSTRÖM J.; KARLSSÖN R. The relationship between environmental analyses and the dialogue process in product development. **Journal of Cleaner Production**, v.14, pp.1409-1419, 2006.

TISCHENER, U.; NICKEL, R. Eco-Design in the printing industry life cycle thinking: implementation of eco-Design concepts and tools into the routine procedures of companies. **Journal of Sustainable Product Design**, v.3, pp.19-27, 2003.

ZUTSHI, A.; SOHAL, A.S. Adoption and maintenance of environmental management systems. **Management of Environmental Quality**, v.15, n° 4, pp.399-419, 2004.