

Área Temática:
Gestão Socioambiental
Gestão Ambiental

Título:

Desenvolvimento de produtos com menores impactos ambientais: identificação, classificação e análise da produção científica

AUTORES

MAURICIO TEIXEIRA LEÃO

Universidade Estadual de São Paulo - UNESP
mauricio@familialeao.com

DAVI FOUAD SOUBIHIA

Universidade de São Paulo
davifouad@yahoo.com.br

ALBERTO LUIZ TOFFANO IZAR

Universidade Estadual Paulista - UNESP
alberto747@ig.com.br

CHARBEL JOSÉ CHIAPPETTA JABBOUR

UNESP
prof.charbel@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sistemática à luz da adoção de variável ambiental no desenvolvimento de produtos. Durante a revisão bibliográfica, os artigos foram classificados em seis diferentes dimensões: País do artigo, País do primeiro autor, Classificação qualitativa e/ou quantitativa, Classificação Emerald, Ferramenta de Desenvolvimento de Produtos Verdes e *Drivers* da Gestão Ambiental Pro Ativa.

Foi utilizada a base de dados Scopus, considerada a maior fonte de artigos e citações nas pesquisas de literatura com mais de 18.000 artigos e mais de 5.000 autores, onde foram retornados 99 artigos que pareciam guardar relação com o tema deste trabalho. Dos 99 artigos, apenas 25 artigos estavam disponíveis para download devido ao convênio entre a universidade dos autores deste artigo e a CAPES. Após a análise destes, foram retirados 7 artigos por não estarem diretamente ligados ao foco da pesquisa, restando 18 artigos válidos.

Os resultados da revisão bibliográfica evidenciam que: a Europa é o continente que mais produz contribuição científica para o tema variável ambiental no desenvolvimento de produtos, tanto em volume de artigos quanto em número de pesquisadores sobre o tema; o principal fator motivacional para a adoção de variável ambiental é a exigência reguladora governamental.

Abstract

The purpose of this study is to present a systematic literature review towards do adoption of the environmental issue on product development. During the review, the articles were classified in six different aspects: Article's Country, First Author's Country, Analyses type,

Emerald Article Classification, Green Product Development Tool and Environmental Management Drivers.

Scopus database was used, considered the largest source of articles with over 18.000 articles and 5.000 authors, which returned 99 papers that seemed related to this study's topic. From the 99 articles, only 25 were available, and after analyzing those 25, 7 were excluded for not being related to the subject.

The results from the review show that: Europe is the largest contributor to scientific production regarding environmental product development, in both number of articles and authors, and the strongest driver for addressing the environmental issue are the government requirements.

Palavras Chave: gestão ambiental, desenvolvimento de produtos, ferramentas ambientais.

1 - Introdução

No exato momento em que os autores deste artigo estão finalizando este trabalho, ocorre na cidade do Rio de Janeiro / Brasil a abertura da Rio+20 – Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável.

O objetivo da Conferência é assegurar um comprometimento político renovado com o desenvolvimento sustentável, avaliar o progresso feito até o momento e as lacunas que ainda existem na implementação dos resultados dos principais encontros sobre desenvolvimento sustentável, além de abordar os novos desafios emergentes (UNCSD, 2012).

Ainda que as grandes potências mundiais não sinalizem uma preocupação com o temas relacionados ao meio ambiente a incorporação de variáveis ambientais dentro de projetos de produtos tem se convertido em uma necessidade estratégica para as empresas incluindo aquelas que não queriam atuar e cumprir com as obrigações “morais” perante a sociedade.

Esta incorporação se desenvolve de forma mais rápida de acordo com os fatores motivacionais que provocam essa mudança de paradigma e, de forma mais eficiente de acordo com as ferramentas adotadas para o desenvolvimento de produtos com variáveis ambientais.

Durante a fase de pesquisa e levantamento de artigos, nenhum artigo foi encontrado cuja proposta seria realizar, de alguma forma, um balanço da produção científica com foco na inclusão de variáveis ambientais dentro de projetos de produtos. Outros balanços com foco em “Manufatura Enxuta” e “Controle da Produção e Controle da Qualidade” estão disponíveis e servindo de base de conhecimento e referência.

Neste contexto, este trabalho se propõe, além de realizar uma revisão bibliográfica propriamente dita, a pesquisar quais fatores motivacionais e ferramentas foram mais citados durante a revisão bibliográfica.

2 - Revisão da Literatura

2.1 - Gestão Ambiental Proativa e Desenvolvimento de Produto

Maimon (1999) definiu gestão ambiental como sendo um conjunto de procedimentos para gerenciar uma organização em suas relações com o meio ambiente. Para Reis (1995) a gestão ambiental é composta por um conjunto de rotinas e procedimentos que permitem uma empresa a administrar de forma adequada a relações de suas atividades com o meio ambiente, observando-se as expectativas dos stakeholders.

Backer (1995) comenta que cada vez mais empresas pró-ativas estão migrando a gestão ambiental de uma função coadjuvante para ocupar a pauta do planejamento estratégico, integrando-se as demais funções da empresa, exercendo um importante papel para a estratégia ambiental.

Em muitos estudos analisa-se o estágio em que esse processo se encontra dentro das organizações. Sistematizando a literatura pertinente, Jabbour e Santos (2005) propuseram um modelo taxonômico com três etapas do processo, sendo a última delas denominada integração externa. É nessa etapa, afirmam Jabbour et al. (2010), que a gestão ambiental passa a atuar integrada a estratégia da empresa, trazendo benefícios e oportunidades.

Essa pró atividade ambiental é denominada por González-Benito e González-Benito (2006) como a implementação voluntária de práticas e iniciativas visando melhorar a performance ambiental organizacional. Segundo os autores, essas práticas se subdividem em três grupos, sendo eles: praticas organizacionais, praticas operacionais e praticas comunicacionais. Uma vez que baseados em estudos anteriores, os autores indicam as praticas operacionais como sendo as de maior impacto efetivo ambiental, decidiu-se nesse estudo, aprofundamento maior nesse grupo. As práticas classificadas como operacionais se subdividem em dois grupos, sendo eles chamados de design de produto e design de processo. Ainda que o alvo desse

estudo seja o desenvolvimento de produto, é válido destacar que os dois subgrupos de práticas operacionais tem igual importância uma vez que a inovação de produto pode se dar tanto no produto em si como no processo de fabricação. (Tingstrom e Karlsson, 2006)

Neste contexto, surge o conceito de “eco eficiência”, quando o Conselho Mundial de Empresas para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) definiu em 1992, como sendo uma diretriz para a distribuição de produtos e serviços a preços competitivos, de maneira a satisfazer às necessidades humanas, ampliando a qualidade de vida, enquanto progressivamente reduzir os impactos ambientais e a demanda por recursos naturais ao longo do ciclo de vida, respeitando a capacidade de suporte da Terra.

O WBCSD identificou sete fatores de sucesso da Eco eficiência:

1. Redução da demanda de materiais por unidade de bem ou serviço;
2. Redução da demanda de energia;
3. Redução da dispersão de tóxicos;
4. Aumento da taxa de reciclagem de materiais;
5. Maximização do uso sustentável de recursos renováveis;
6. Aumento da durabilidade dos materiais;
7. Aumento da carga de serviço nos bens e serviços.

O prefixo “Eco”, no título eco eficiência refere-se à ecologia e à economia, para traduzir eficiência ambiental e econômica cuja proposição é a de adicionar valor a partir da maximização econômica e pela minimização dos impactos ambientais através da redução do consumo de recursos naturais e das emissões. (LEHNI; SCHNITZER apud MARINHO, 2001).

2.2 - Produto Verde

Um "produto verde" é referido como um produto concebido para minimizar seus impactos ambientais durante o seu ciclo de vida. Em particular a não utilização dos recursos renováveis é minimizado, o uso de materiais tóxicos são evitados e o uso e recursos renováveis tem lugar de acordo com sua taxa de reposição (Robert, 1995).

O desenvolvimento eficaz de produto verde tem um papel essencial na criação de estratégias ambientais bem sucedidas, e em ajudar as empresas e as economias em direção à sustentabilidade ambiental (Pujari et al., 2003). Desta forma, algumas práticas serão definidas a seguir.

2.3 - DFE - *Design for Environment*

O DFE é uma ferramenta sobre a qual existem diversos estudos (Pujari et al. 2004). O autor explica que a bibliografia existente aborda muitos temas como estágios do ciclo de vida do produto, escolha de fontes de material, descarte apropriado entre outras. Em concordância com Kawamoto et al. (2007) o estudo destaca as subdivisões dessa ferramenta, chamadas pelos segundos pesquisadores de DFx. As possibilidades indicadas por eles são Design Para: Refabricação, Reutilização, Desmontagem, Reciclagem, Redução de Riscos, Cadeia de Suprimentos e Conservação de Recursos. Segundo eles a ferramenta serve como diretriz para que produtos sejam projetados com o máximo de qualidade em aspectos ambiental em todas as etapas “from cradle to grave”.

2.4 - LCA - Life Cycle Assessment

É uma abordagem utilizada para avaliar a carga ambiental de um produto durante o seu ciclo de vida (Keoleian e Menerey, 1993) e está normatizada pela ISO 14040.

A análise do ciclo de vida é uma ferramenta quantitativa padronizada de desempenho ambiental para sistemas produtivos, e tem sido alvo de pesquisas extensas desde os anos 90 (Tingstrom e Karlsson 2006). De acordo com os autores essa ferramenta se baseia no fluxo de

energia e materiais na cadeia produtiva do início ao fim do processo, conceito “from cradle to grave, do inglês: do berço ao túmulo). A ferramenta como muitas outras apresenta dificuldades. Kaebernick et al (2003) destaca que o processo consome muito tempo, e requer informações que muitas vezes não estão disponíveis no início do processo de desenvolvimento de produto. Kawamoto et al (2007) destacam que a ferramenta é necessária para calcular ou ao menos estimar os impactos ambientais de um produto em seu ciclo. Com auxílio de suas medições nos estágios iniciais, podem ser tomadas decisões quanto a modificações no processo. Baseados em um estudo anterior, os autores destacam a dificuldade de executar alterações nos estágios de desenvolvimento avançados ou já na etapa produtiva, colocando a adoção da ferramenta numa posição delicada uma vez que as informações nas etapas anteriores podem ser restritas.

2.5 - EEA – (Environmental effect analysis)

O EEA, diferente do LCA, é uma ferramenta qualitativa (Kawamoto et al. 2007). Tingstrom e Karlsson (2006) explicam que a ferramenta foi desenvolvida para assistir equipes de desenvolvimento de produtos em questões ambientais de maneira rápida e efetiva, visando ter impacto real nos esforços de meio ambiente. O processo, segundo os autores, tem como princípio básico listar todas as atividades consideradas como possíveis impactantes ambientalmente, e avaliar a quantidade e seriedade de cada aspecto, bem como propor melhorias que reduzam impactos no produto proposto. Os autores destacam ainda que a ferramenta é recente e pouco discutida na literatura científica.

3 - Metodologia

A metodologia adotada baseou-se na revisão de literatura dos artigos publicados sobre o tema. A pesquisa utilizou-se de artigos extraídos da base de dados Scopus no dia 02/04/2012, utilizando o critério de busca “TITLE (environmental AND product development)”, onde foram retornados 99 artigos, e dentre eles, 25 disponíveis para download. A partir de uma leitura detalhada, apenas 18 foram válidos.

Os artigos foram classificados conforme um framework previamente concebido para auxiliar no processo de pesquisa que esse trabalho se propõe. Esse framework possui seis colunas de classificação que também serão chamadas de dimensões, além do próprio nome do artigo, como segue:

Coluna 1: País do Artigo – Esta coluna identifica qual país foi retratado nas pesquisas apresentadas no artigo. Quando se tratar de uma pesquisa de classe mundial o campo é preenchido com “Não Identificado”;

Coluna 2: País do primeiro autor – Esta coluna identifica qual a nacionalidade da universidade do primeiro autor da pesquisa;

Coluna 3: Quali/Quanti – Nesta coluna buscou-se apresentar qual o método de obtenção de dados que prevaleceu durante as pesquisas. As opções oferecidas foram:

- ✓ Qualitativa;
- ✓ Quantitativa;
- ✓ Qualitativa / Quantitativa;
- ✓ Quantitativa / Qualitativa.

A opção Qualitativa é mais encontrada em pesquisas do tipo Estudo de Caso. Já, a quantitativa é comum em pesquisas do tipo Research Paper. As outras duas opções, também guardam relações com as duas primeiras opções, mas em alguns estudos ambas são utilizadas, sempre com o predomínio de uma delas que deve ser apontada como a primeira das duas.

Coluna 4: Classificação Emerald – Os autores deste trabalho optaram por usar uma classificação mundialmente reconhecida, a classificação Emerald, que apresenta um conjunto de sete possíveis opções que são:

- ✓ Research paper – pesquisas estatísticas;
- ✓ Viewpoint – trata de representar a opinião do autor;
- ✓ Technical paper – paper curto e com pouca literatura;
- ✓ Conceptual paper – propõe um novo framework;
- ✓ Case study – apresenta o estudo de uma ou mais situação(s) real(s);
- ✓ Literature review – busca sintetizar toda a literatura sobre um assunto específico;
- ✓ General review – cobre um amplo período de tempo, acima de décadas.

Coluna 5: Ferramenta – Este item busca identificar a(s) ferramenta(s) utilizada(s) nos estudos que foram alvo da pesquisa desse trabalho. Abaixo a lista das ferramentas consideradas para fins deste trabalho. Detalhes de cada ferramenta foram apresentados em capítulo anterior deste estudo:

- ✓ Design for Environment
- ✓ Environmental Effect Analysis
- ✓ Life Cycle Assessment

Coluna 6 – *Drivers* da Gestão Ambiental Proativa – este item de classificação tem como base um framework proposto por Berry e Rondinelli (1998). O framework apresenta quatro grandes forças motivacionais para a adoção de variáveis ambientais. Essas forças motivacionais estão detalhadas em sub opções, que são:

- ✓ Exigências Reguladoras (Regulamentações mais severas; Aumento de obrigações legais; Aplicações mais rigorosas da lei);
- ✓ Fatores de Custos (Aumento do custo do controle da poluição; Novas tecnologias para prevenção da poluição; Redução dos custos de redução de resíduos);
- ✓ Força dos stakeholders (Demanda pública para proteção ambiental; Demanda dos clientes por processos e produtos limpos; Rejeição pelos acionistas dos riscos ambientais);
- ✓ Exigências competitivas (Novas oportunidades de negócios; Acordos internacionais de comércio; Normas voluntárias internacionais; Disseminação de princípios de gestão da qualidade).

A partir da classificação dos artigos seguindo as seis dimensões apresentadas, uma análise sistemática dos artigos foi realizada pelos autores desse estudo.

4 - Resultados

Segundo Luca Berchicci e Wynand Bodewes (2005), estudos que tratam de questões ambientais no desenvolvimento de produtos fizeram progressos significativos para explicar como as empresas podem desenvolver produtos mais ecológicos do que os atuais no mercado. Curiosamente, embora um grande número de ferramentas e métodos têm sido desenvolvidos que, supostamente, ajudariam as empresas a desenvolver produtos mais ecológicos, é menos comum recorrer a teorias estabelecidas sobre a inovação do produto. Isso pode explicar por que as empresas que tentaram desenvolver produtos mais sustentáveis tiveram experiências diversas. Neste estudo, a literatura de Desenvolvimento de Novo Produto Ambiental (ENPD) e Desenvolvimento de Novos Produtos (NPD) é revisada para desenvolver um modelo que ajuda a explicar a complexidade do greening e os desafios que as equipes de desenvolvimento de produto encontraram em suas tentativas de incorporar as questões ambientais. Este artigo ressalta que os estudiosos precisam incorporar as questões ambientais nas teorias estabelecidas na NPD e a adaptação de modelos teóricos existentes pode ajudar os profissionais na sua luta para integrar o E no NPD.

Wesley W. Ingwersen e Martha J. Stevenson (2012), estudaram que quando usado para comparar o desempenho relativo ambiental de diferentes produtos, o ciclo de vida baseado em reivindicações ambientais quantitativas, como créditos de carbono e declarações de produtos

ambientais requerem regras comuns para serem comparáveis dentro de uma categoria. Regras de categoria de produtos (PCRs), que são definidos na norma ISO 14025, especificam como impactos ambientais do ciclo de vida devem ser estimados e indicados para produtos dentro de uma determinada categoria. O padrão tem permitido o desenvolvimento de um programa com vários operadores em diferentes países, cada um com seu próprio conjunto de PCRs. Os autores fornecem uma atualização global sobre o desenvolvimento de PCRs, descrevendo o progresso dos programas existentes e destacando os esforços emergentes. Como os PCRs começaram a proliferar, surgiram desafios que poderiam minar a comparação do ciclo de vida baseados em pedidos de produtos comparáveis. Esses desafios incluem a definição da categoria do produto, a falta de fontes de dados comuns, âmbito geográfico limitado, e o formato da solicitação. Os autores, apresentam ainda algumas recomendações para a superação desses desafios e apontam alguns possíveis mecanismos para apoiar o alinhamento internacional.

Xin Ren (2000), diz que a crescente demanda por avaliação de desempenho ambiental da indústria exige o desenvolvimento de indicadores de desempenho ambiental (EPIs) específicos para setores. Para a indústria de fabrico de produtos de consumo, neste caso, a indústria têxtil, a necessidade de avaliar o desempenho ambiental, tanto do processo quanto do ciclo de vida do produto leva ao desenvolvimento de EPIs de processo e de dimensões do produto. Tais tipos de EPIs têm sido desenvolvidos, alcançando melhores valores nos tecidos de algodão e processamento úmido. Uma discussão aprofundada foi apresentada sobre problemas no desenvolvimento e na aplicação de EPIs.

No artigo *Development of interpretation keys for environmental product declarations*, Bengt Steen et al (2008), dizem que a certificação de produto ambiental (EPD) está começando a ser usada em vários países. Na época do estudo, a experiência do autor indica que os resultados de EPD são difíceis de entender para os compradores e vendedores profissionais. A fim de melhorar a compreensão, três chaves de interpretação têm sido desenvolvidas. Elas recalculam os resultados de EPD para outros números, que são mais fáceis de mensurar. Uma chave calcula o grau de satisfação dos objetivos ambientais, outra calcula o custo de dano e a outra compara com o que é normal da atividade econômica. As três chaves de interpretação representam diferentes pontos de vista éticos do meio ambiente. Usuários alvo, pessoas com algum conhecimento das questões ambientais sem ser especialistas, testaram as chaves em várias ocasiões e aumentaram o grau de compreensão.

Conrad Luttrupp e Jessica Lagerstedt (2006), concluíram que o momento mais importante no desenvolvimento do produto é a definição das exigências e especificações. A especificação define o objetivo para o processo de desenvolvimento do produto. É uma oportunidade de direção muito importante para o trabalho contínuo e para as demandas do ambiente. Os designers dizem ter a chave para o desenvolvimento de produto sustentável, através de EcoDesign. Muitas ferramentas foram desenvolvidas a fim de ajudá-los a alcançar este objetivo. No entanto, a maioria das ferramentas são raramente usadas, principalmente por causa da falta de requisitos de sustentabilidade nas especificações de produtos.

A falta de demanda do mercado por produtos ecologicamente melhorados é, portanto, um fator crucial. Em outras palavras: Não faz sentido pegar uma chave de fenda da caixa de ferramentas se você tiver um prego em sua mão. Por outro lado, se você tem um martelo na sua mão, você tende a ver tudo como pregos! O estudo propõe "As Dez Regras de Ouro", visando justificar a necessidade de uma ferramenta para facilitar a integração de razoáveis exigências ambientais no processo de desenvolvimento do produto.

R. G. Doupe et al (1999), estudaram que a aqüicultura na Austrália Ocidental começou com o cultivo da truta na década de 1930, embora sem alcançar o status comercial que a indústria da pérola conseguiu em Broome na década de 1950. A aqüicultura, especialmente na zona rural do oeste da Austrália, continuava sendo uma indústria relativamente nova, mas em expansão.

Seu desenvolvimento nas áreas agrícolas da Austrália Ocidental representava uma potencial diversificação em grandes extensões de terra onde a salinização reduziu a sustentabilidade econômica e ecológica das indústrias rurais. A utilização de águas subterrâneas salinas para aquíicultura apresenta uma grande oportunidade para a expansão econômica. A indústria era muito pequena e girava em torno de espécies de peixes ósseos com alta tolerância à salinidade. Os autores perceberam que o desenvolvimento de um setor economicamente e ecologicamente sustentável requeria a aplicação de procedimentos adequados de gestão ambiental, que proporcionassem um produto de alta qualidade, minimizando o impacto da indústria sobre o meio ambiente e proporcionando uma vantagem competitiva de longo prazo. Sophie H. Byggeth e Göran Broman (2001), constataram que Pequenas e médias empresas (PME) representam uma grande parte da indústria. As considerações ambientais durante o desenvolvimento do produto nas PME, portanto, implicam um grande potencial para reduzir o impacto ambiental da sociedade. O desenvolvimento de produtos ambientalmente adaptados nas PME foi considerado difícil e incomum. A abordagem do estudo foi desenvolver um Método qualitativo para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis (MSPD), que diz respeito tanto a um quadro para a sustentabilidade quanto para o processo normal de desenvolvimento de produto. O objetivo foi orientar o usuário a evitar problemas relacionados à não sustentabilidade social e ecológica sem exigir vasto conhecimento e experiência.

Foram utilizados dois questionários em dez PME suecas. Uma entrevista inicial registrou seus procedimentos de desenvolvimento de produtos e de trabalho ambiental, bem como as características desejadas de um novo método sugerido para a integração dos aspectos ambientais no processo de desenvolvimento do produto. A segunda pesquisa registrou adicionais características desejadas e sugestões de melhoria ao testar uma primeira versão do MSPD. As pesquisas e as estruturas do MSPD foram apresentadas e as características desejadas para um método viável nas PME foi encontrado.

Em seu artigo *The relationship between environmental analyses and the dialogue process in product development*, Tingstrom e Karlsson (2006) baseados em entrevistas de profundidade desenvolvem uma análise das ferramentas LCA e EEA integradas. Os autores comparam o uso delas em simultâneo, uma antes da outra e vice-versa, indicando vantagens e desvantagens. Ao se aplicar o LCA posterior ao EEA, tem-se a desvantagem de que inputs tardios do LCA tendem a ter pouco impacto no design/concepção do produto, ao passo que aplicar o LCA anterior se dificulta na medida que os resultados dessa ferramenta podem não ser acurados no início do processo. Essas desvantagens se mostram coerentes com as apresentadas na literatura. Os autores concluem que aplicar as ferramentas em paralelo se mostra uma alternativa chave na transformação das práticas de desenvolvimento de produto.

Tsai et al 2011 procuraram em sua pesquisa explicar porque ambas partes (empresa e consumidores) tem interesse em proteger o meio ambiente. Das ferramentas trabalhadas no presente artigo, os autores trabalham o LCA, porém não é o principal foco de seu estudo. O estudo, no setor de brinquedos, investigou sete construtos sendo eles: Economia Verde; Valor Percebido pelo Consumidor; Motivação para compra; Cultura Organizacional; Administração Verde; Design Verde; e por fim Desenvolvimento de Produtos Verdes. O estudo buscou analisar a relação entre essas variáveis, aplicando ferramentas estatísticas de regressão simples e múltipla.

O resultado da pesquisa apontou relação positiva das variáveis, destacando de forma geral do grupo dos consumidores que a nova chamada Economia Verde, influencia positivamente o Valor Percebido pelo Consumidor, positivamente relacionado com a Motivação para compra de produtos que por fim está positivamente relacionada com o Desenvolvimento de Produtos Verdes. As variáveis do grupo da organização indicam que a Orientação para Mercado (Cultura Organizacional), influencia positivamente a Administração Verde que por sua vez

influencia positivamente o Design Verde que por ultimo tem relação positiva com o Desenvolvimento de Produtos Verdes.

No estudo de caso: Organising for environmental considerations in complex product development projects: implications from introducing a "Green" sub-project Johansson e Magnusson (2005), analisam o desenvolvimento de um projeto no qual se introduziu requisitos de desempenho ambiental. O alvo principal do estudo foi a maneira como o projeto foi organizado para garantir que as questões ambientais fossem consideradas, para tal, incluindo um "Subprojeto Verde". Os resultados das análises indicaram que a inclusão desse Subprojeto serve efetivamente para: consideração das questões ambientais durante o processo; facilitar comunicação sobre os requisitos de performance ambiental; suporte para que os entusiastas que inspiram a organização a considerar questões ambientais sejam mais ativos; e para que os especialistas do meio ambiente sejam parte da rede de contatos do desenvolvimento de produtos da organização. Por outro lado esse Subprojeto introduz risco de confusão quanto a quem será responsável por cumprir as demandas de performance ambiental.

O estudo Organizational antecedents of environmental responsiveness in industrial new product development, de Pujari et al. (2004), diferente da maioria das pesquisas, teve como alvo os produtos industriais, destinados a atender outras empresas. Para isso executou-se um survey com 82 empresas.

Três fatores chave foram testados quanto a sua influencia em auxiliar a entrada da questão ambiental no processo de produção. Esses fatores são: Interface funcional entre os especialistas ambientais e da equipe desenvolvimento de produto; Apoio da Alta Gerencia; e Política Ambiental Explícita. Os dois primeiros se mostraram positivamente relacionados com a questão em discussão confirmando as hipóteses, já a Política Ambiental não. Os autores explicam que isso se deve a não percepção da conexão entre a politica ambiental e os fatores operacionais. Contudo, destacam sua importância como sinal de que a organização leva a sério administrar sua performance ambiental.

Em um paper conceitual, seguido de um estudo de caso Kaebernick et al.. discorrem sobre LCA e outras ferramentas, como o EOL (end of life) chamado por eles, sendo essa a determinação do produto no final de seu ciclo de vida, seja ela descarte, reciclagem, ou reutilização. Os autores destacam a importância da entrada da variável ambiental nas organizações, facilitada pelas diversas ferramentas existentes e outras em desenvolvimento. Segundo eles os requisitos ambientais devem ser considerados de mesma importância que os fatores qualidade e custo. Resultados da pesquisa apontam que a adoção do novo paradigma pode levar a novas oportunidades de mercado para a organização.

Albino, V. (Albino, V. et al., 2000) realizaram uma pesquisa de abrangência mundial e as informações significativas para esta pesquisa foi obtidas a partir de web sites das empresas e, quando disponível on-line, a partir de seus Relatórios Ambientais e de Sustentabilidade (coleta de dados foi realizada entre novembro de 2006 e janeiro de 2007). O critério de escolha das empresas para a pesquisa foi estar incluída na DJSWI (Dow Jones Sustainability World Index) e a amostra para a pesquisa foi representada por 255 empresas.

Os autores desenvolveram uma taxonomia para definir Estratégia Ambiental e para definir Produtos Verdes. A partir dessa taxonomia, investigou-se de forma empírica se as empresas de desenvolvimento de produtos verdes (doravante, os desenvolvedores de produtos verdes) adotam abordagens estratégicas ambientais em diferentes graus com relação aos não desenvolvedores verdes, e se esse comportamento diferente é específico para o setores da economia ou regiões geográficas.

Os autores concluem que o percentual de desenvolvedores "verdes" supera os "não verdes" sem distinção geográfica com exceção para o setor da Saúde que possui toda uma regulamentação específica.

Askham C, (2001) em seu artigo “Environmental product development: replacement of an epoxy-based coating by a polyester-based coating” realizou uma extensa pesquisa utilizando o método LCA – Life Cycle Assessment em produtos de indústria moveleira norueguesa. Foram analisadas 5300 cadeiras de escritório e através de um estudo de caso buscou-se comparar dois diferentes revestimentos e seus efeitos para a saúde humana e para o meio ambiente.

A conclusão do estudo revelou que a substituição do revestimento de com base em epóxi por uma alternativa de revestimento baseado em poliéster reduz riscos de saúde ocupacional para trabalhadores que entram em contato direto como primeiro revestimento. Os resultados mostram que esta substituição também levou a redução de possíveis impactos ambientais: aquecimento global, destruição do ozônio, a criação de oxidantes fotoquímicos, acidificação, eutrofização, toxicidade humana e eco toxicidade de água doce, quando os fatores provisórios para alguns metais e orgânicos são incluídos nos cálculos USEtox .

Um abrangente estudo foi conduzido e seus resultados publicados por Pujari (Pujari D. et al., 2003) em um artigo intitulado “Green and competitive Influences on environmental new product development performance”. Através de um questionário cuja validação do conteúdo foi estabelecida por um pré-teste do questionário com gestores e acadêmicos para a compreensão do conteúdo das perguntas, onde de 1000 questionários, 151 retornaram válidos, os autores relatam os resultados dessa investigação de grande escala no desenvolvimento de novos produtos ambientais (ENPD) dentro de fabricantes britânicos.

A principal contribuição deste artigo é a tentativa de integrar o desenvolvimento de novos produtos (NPD - new product development) e filosofias de gestão ambiental, a fim de desenvolver e testar empiricamente um quadro teórico para projeto de desenvolvimento de novo produto ambiental (ENPD - project on environmental new product development) e seus desempenhos.

Os resultados da pesquisa mostraram que, para muitas empresas, as considerações de eco desempenho não são reflexões tardias, sendo abordadas através de soluções “End of Pipe” ou seja que ajudam nas questões ambientais mas que não propõem saltos qualitativos-tecnológicos para reduzir a emissão na fonte. A ênfase está focada em melhorias do dano ambiental causado por produtos e tecnologias convencionais, mais do que na criação de produtos sustentáveis. Em última análise, a ênfase na NPD terá de passar dessa fase de transição para uma procura de produtos e tecnologias genuinamente sustentáveis, com uma ênfase muito maior na reengenharia, tecnologias "limpas" radicalmente diferentes e mudanças fundamentais para os produtos, na forma com que são comprados, usados e descartados.

Desrochers (Desrochers. P., 2007) em seu artigo “How did the Invisible Hand Handle Industrial Waste? By-product Development before the Modern Environmental Era” questiona se a preocupação ambiental é um tema da atualidade ou se nossas gerações passadas, desde o início da chamada era industrial já incorporava em suas atividades produtivas preocupações ambientais. O autor realizou uma retrospectiva na produção científica relacionada pesquisando argumentos que comprovassem que a preocupação com o resíduo produtivo sempre foi uma preocupação da indústria.

Como conclusão dessa pesquisa, observou-se que apesar das crenças generalizadas ao contrário daquilo que pregam a atual geração de escritores históricos e teóricos do desenvolvimento sustentável, muitas evidências sugerem que a concorrência, o sistema de preços, restrições legais e com base em direitos de propriedade e/ou decretos e legislações específicas, historicamente levaram à redução significativa nos valores de resíduos liberados no ambiente por vários setores. O autor comenta que isso não quer dizer, é claro, que todas as tentativas foram bem sucedidas e que o dano ambiental significativo não resultou de atividades industriais.

O artigo “Integrating environmental consciousness in product/process development based on life-cycle thinking” dos autores Mascle C., Zhao H.P.,(2007) aborda a necessidade e incorporar questões ambientais no processo de desenvolvimento de produtos e descreve uma metodologia geral para Design for Environment (DFE) com base no ciclo de vida.

Os autores argumentam que o design do produto é um fator determinante na competitividade de um fabricante. Também alegam que cerca de 80% dos custos de fabricação de um produto são determinados durante os estágios iniciais de um projeto, portanto quanto mais cedo no ciclo de vida do design do produto uma equipe de projeto considera os fatores ambientais, maior o potencial para benefícios ambientais e redução de custos.

Um framework para desenvolvimento de produtos com apelo ambiental foi apresentado pelos autores P.H. Nielsen e H. Wenzel (2002) no artigo “*Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment*”. O artigo apresenta uma atualização de um estudo chamado EDIP (*Environmental Design of Industrial Products*) cuja primeira versão dinamarquesa foi publicada em 1996.

Duas grandes contribuições desse artigo foram, em primeiro mostrar através de experiências documentadas, porém de acesso restrito, de inúmeras empresas que as fases iniciais de projeto são as mais flexíveis para a agregação de novas idéias, incluindo a adoções de práticas ambientais, do que nas fases finais dos projetos onde o produto está mais bem definido e documentado, portanto qualquer nova ideia encarece o projeto em tempo e dinheiro.

Como segunda contribuição, o artigo atualizou o estudo EDIP de 1996 e apresenta o framework para desenvolvimento ou melhorias de novos produtos.

Embora em números absolutos, 18 artigos representem uma pequena amostra para um estudo de revisão bibliográfica, ficou evidente que o assunto abordado é novo e carece de mais estudos.

Uma análise baseada no framework proposto por Berry e Rondinelli (BERRY, M. A.; RONDINELLI, D. A., 1998), aponta as principais forças motivacionais identificadas nesta revisão bibliográfica sendo que Exigências Reguladoras, que são as imposições governamentais é a principal força, representando 44% das citações.

As demandas com origem social “stakeholders” assim como as forças competitivas representaram um total de 17% das citações cada uma delas. Custos representam apenas 6% do total dos artigos estudados, enquanto que outros 17% dos artigos trataram o tema sem detalhar qualquer tipo de força motivacional.

Framework de Classificação dos Artigos						
Artigo	Dimensões de Análise					
	País Artigo	País 1o. Autor	Quali/Quant	Classificação Emerald	Ferramenta	Drivers da Gestão Ambiental Proativa
Environmental Strategies and Green Product Development: an Overview on Sustainability-Driven Companies	Itália	Itália	Quali/Quant	Research paper	Design for Environment and Life Cycle Assessment	Exigências competitivas - Normas voluntárias internacionais
Bridging Environmental Issues with New Product Development	Holanda	Holanda	Qualitativo	Literature review	Design for Environment	Exigências Reguladoras - Aumento de obrigações legais

Can we compare the environmental performance of this product to that one?	EUA	EUA	Qualitativo	Literature review	Life Cycle Assessment	Exigências Reguladoras - Aumento de obrigações legais
Development of environmental performance indicators for textile process and product	China	China	Quantitativo	Research paper	Não identificado	Fatores de Custos - Redução dos custos de redução de resíduos
Development of interpretation keys for environmental	Suécia	Suécia	Quant/Quali	Conceptual paper	Design for Environment and Life Cycle Assessment	Exigências Reguladoras - Aumento de obrigações legais
EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development	Suécia	Suécia	Qualitativo	Literature review	Design for Environment and Life Cycle Assessment	Exigências Reguladoras - Aumento de obrigações legais
Environmental and product quality in finfish aquaculture development: an example from inland Western Australia	Austrália	Austrália	Qualitativo	Literature review	Design for Environment	Exigências Reguladoras - Aumento de obrigações legais
Environmental Aspects in Product Development – an Investigation among Small and Medium Sized Enterprises	Suécia	Suécia	Quali/Quant	Case Study	Design for Environment	Exigências Reguladoras - Aumento de obrigações legais
Environmental product development: replacement of an epoxy-based coating by a polyester-based coating	Noruega	Noruega	Quali/Quant	Case Study	Life Cycle Assessment	Exigências Reguladoras - Aumento de obrigações legais
Green and competitive Influences on environmental new product development performance	Inglaterra	Canadá	Quantitativo	Research paper	Life Cycle Assessment	Não identificado
How did the Invisible Hand Handle Industrial Waste? By-product Development before the Modern Environmental Era	Não Identificado	Canadá	Qualitativo	General Review	Não identificado	Não identificado
Integrating environmental consciousness in product / process development based on life-cycle thinking	Canadá	Canadá	Qualitativo	Case Study	Design for Environment	Exigências competitivas - Novas oportunidades de negócios
Integration of environmental aspects in	Dinamarca	Dinamarca	Qualitativo	Conceptual	Life Cycle Assessment	Exigências competitivas -

product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment				paper		Novas oportunidades de negócios
Organising for environmental considerations in complex product development projects: implications from introducing a "Green" sub-project	Suécia	Suécia	Qualitativo	Case Study	Design for Environment	Força dos stakeholders - Demanda pública para proteção ambiental
Organizational antecedents of environmental responsiveness in industrial new product development	Inglaterra	Canadá	Quantitativo	Research paper	Design for Environment and Life Cycle Assessment	Exigências Reguladoras - Aumento de obrigações legais e Força dos stakeholders - Demanda dos clientes por processos e produtos limpos
Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements	Austrália	Austrália	Qualitativo	Conceptual paper	Life Cycle Assessment	Força dos stakeholders - Demanda dos clientes por processos e produtos limpos
The effects assessment of firm environmental strategy and customer environmental consciousness on green product development	China	China	Quantitativo	Research paper	Life Cycle Assessment	Força dos stakeholders - Demanda dos clientes por processos e produtos limpos
The relationship between environmental analyses and the dialogue process in product development	Suécia	Suécia	Qualitativo	Research paper	Environmental Effect Analysis and Life Cycle Assessment	Não identificado

Tabela 1 – Framework de Classificação de artigos

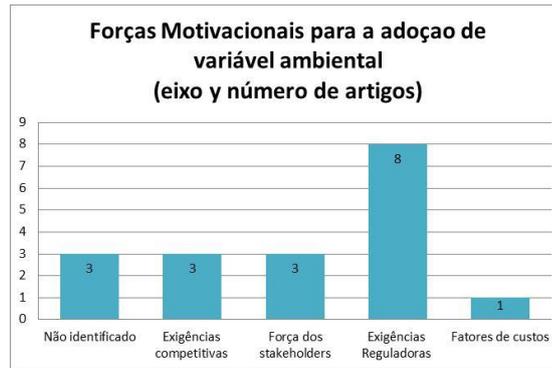


Gráfico 1- Forças Motivacionais para a adoção de variável ambiental

A análise baseada no país foco do estudo de cada artigo revelou que mais de 60% dos artigos tem como o continente europeu seus objetivos de estudo. A Suécia se destaca com 5 dos 11 artigos. A Inglaterra contribuiu com 2 artigos e Noruega, Dinamarca, Holanda e Itália contribuíram com um estudo cada uma delas. China e Austrália possuem o mesmo número de estudos – dois artigos cada país. Canadá e EUA contribuíram com um artigo cada país. Um artigo não tem um país definido como pano de fundo.

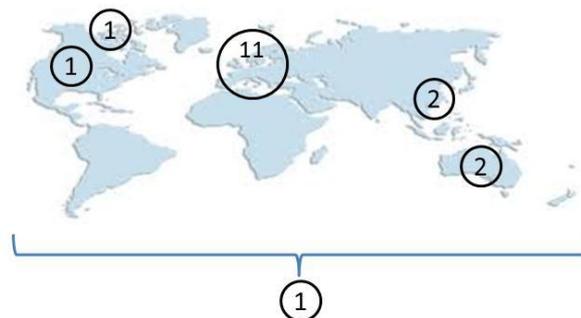


Figura 1: Distribuição Geográfica dos Artigos estudados

Quando a análise é baseada no país do primeiro autor de cada trabalho, os números são diferentes da análise anterior. A Suécia continua contribuindo com 5 artigos, o Canadá com 4 artigos. A Inglaterra não tem representatividade e os demais países continuam com os mesmos números da análise anterior.

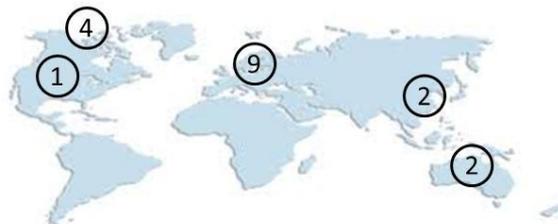


Figura 2: Distribuição geográfica do país de origem do principal autor de cada artigo

Em relação as Ferramentas adotadas para a inclusão de variáveis ambientais no desenvolvimento de produtos, a análise mostrou que a LCA (Life Cycle Assessment) esta presente em 11 diferentes estudos sendo que em 6 deles a LCA é sozinha. Em segunda posição aparece a DEF (Design for Environment) com 9 citações, sendo 5 delas como única ferramenta. A EEA (Environmental Effect Analysis) foi citada 1 vez em conjunto com a LCA e 2 estudos não focaram ferramentas.



Gráfico 2 – Ferramentas Adotadas para Inclusão de variável ambiental no desenvolvimento de produtos

Analisando a dimensão Classificação Emerald, observa-se o predomínio de trabalhos do tipo “Research paper” com 33% do total de artigos dessa revisão bibliográfica. Artigos classificados como “Case Study” ocupam a segunda posição com 22% dos artigos, seguido dos “Conceptual paper” com 17% e “General Review” com 9%.

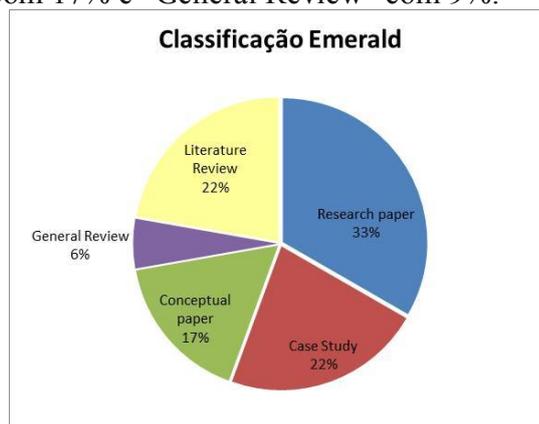


Gráfico 3 – Artigos segundo a Classificação Emerald

A análise da dimensão “Qualitativo / Quantitativo” apresentou como resultado o domínio de artigos “qualitativos” com 55% de taxa. Artigos “quantitativos” representaram 27% do total e, artigos que mesclaram os dois métodos mas com predominância do método qualitativo esteve presente em 18% dos artigos.



Gráfico 4 – Análise do Método de Pesquisa (Qualitativo e/ou Quantitativo)

5 - Conclusão

A principal conclusão que se pode tirar desta revisão bibliográfica é que a principal força motivacional para a adoção de variável ambiental em produtos é a Exigência Reguladora, a mão governamental atuando em pró do ambiente e a principal ferramenta utilizada para a adoção de variável ambiental em produtos é o LCA. O LCA é uma ferramenta adotada tanto

isoladamente como em conjunto com o EEA e o DFE. O EEA, nas pesquisas ora realizadas, nunca foi encontrado como ferramenta única. Já, o DFE é uma ferramenta adotada de forma isolada como em conjunto com a LCA (conforme citado anteriormente).

Kee-hung Lai e Christina W.Y. Wongb (2012), também verificaram que as forças governamentais são importantes para as questões ambientais. Os autores concluíram que após a entrada da China na OMC (Organização Mundial do Comércio) as pressões internacionais, pressões potenciais de “barreiras ambientais” no comércio internacional e outras pressões, levaram o governo chinês a adotarem medidas partidárias das questões ambientais como a implementação da Lei da Economia Circular, em vigor desde 2009.

Diferente das constatações acima citadas, Qinghua Zhu e Yong Geng (2010) observaram que para uma cidade industrial específica na China, um estudo revelou que o *driver* coercivos, imposições e/ou regulamentações governamentais, não são os fatores mais importantes para conduzir práticas ambientais.

Ainda, nesta revisão bibliográfica ficou evidente a baixa participação dos EUA tanto como primeiro autor como país foco do artigo – apenas 1 autor e 1 país foco. Os Estados Unidos são o maior produtor e consumidor de energia elétrica do mundo. O país consome cerca de um quarto de toda a energia elétrica produzida anualmente no mundo inteiro - apesar de concentrar apenas 5% da população mundial. Combustíveis fósseis geram no total 39% da eletricidade produzida nos Estados Unidos. O carvão gera 57% da eletricidade consumida no país, o gás natural gera 9%, e petróleo gera 2%. O extensivo uso de combustíveis fósseis como combustível para geração de eletricidade, aliado à maior frota automobilística em atividade do planeta, fazem com que o Estados Unidos seja responsável sozinho por um quinto de toda a emissão de gases provocadores do efeito estufa. Números impressionantes, mesmo sem contabilizar todo o “prejuízo ambiental” indireto causado, por exemplo, pelas indústrias chinesas enquanto exportadoras para o mercado americano.

Os autores propõem que no futuro estudos sejam realizados para identificar o real comprometimento da maior nação do mundo com questões ambientais e as prováveis consequências desse comprometimento para o futuro da vida sustentável no planeta.

6 - Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Charbel José Chiappetta Jabbour que muito nos honrou com suas aulas que são momentos de erudição singulares e pela disponibilidade em nos atender mesmo fora dos horários das aulas, permitindo a elaboração deste trabalho e a UNESP por toda a estrutura que temos a disposição para cumprirmos com nosso objetivo maior que é sermos merecedores do título de Mestre em Engenharia de Produção.

7 - Referências

- ALBINO, V.; BALICE, A.; DANGÉLICO, R.M. Environmental Strategies and Green Product Development: an Overview on Sustainability-Driven Companies, **Business Strategy and the Environment**, v.18, p.83-96. 2009.
- ASKHAM, C. Environmental product development: replacement of an epoxy-based coating by a polyester-based coating, **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.16, p.819-828, 2011.
- BACKER, P. **Gestão ambiental: a administração verde**. 2.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- BALDWIN, J. L.; BRASWELL, B. H.; HOGAN, D. B.; KENNELLY, E.; PAPADASKIS, X.; SZE, M.; WERBOS, A.; ZACCHEO, T. S.; GOES-R Algorithms: A common science and engineering design and development approach for delivering next generation environmental data products, **The International Society for Optical Engineering**, v. 7813, 2010.

- BAUMANN H.; BOONS F.; BRAGD A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. **Journal of Cleaner Production** 10(5), p. 409-425, 2002.
- BENGT STEEN; ANITA GARLING; ANNENNE-MARIE IMRELL; KARIN SANEE. Development of interpretation keys for environmental product declarations. **Journal of Cleaner Production** 16, p. 598-604, 2008.
- BERRY, M. A.; RONDINELLI, D. A. Proactive corporate environmental management: A new industrial revolution. **The Academy of Management Executive**, v. 12, n.2, p.38-50, 1998.
- BUGANZA, T.; DELL'ERA, C.; VERGANTI, R.; Exploring the Relationships Between Product Development and Environmental Turbulence: The Case of Mobile TLC Services, **Journal of Product Innovation Management**, v.26, p. 308-321, 2009.
- Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável <http://www.rio20.gov.br/> acessado em 13/06/2012.
- CONRAD LUTTROPP; JESSICA LAGERSTEDT. EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. **Journal of Cleaner Production** 14, p. 1396 - 1408, 2006.
- DESROCHERS, P.; How did the invisible hand handle industrial waste? by-product development before the modern environmental era, **Enterprise and Society**, v.8, p. 348-374, 2007.
- DOUPÉ, R. G.; ALDER, J.; LYMBERY, A. J. Environmental and product quality in finfish aquaculture development: an example from inland Western Australia. **Aquaculture Research** 30, 595-602, 1999.
- FULLER, D.A.; OTTMAN, J.A. Moderating unintended pollution: the role of sustainable product Design. **Journal of Business Research** , v. 57, p. 1231– 1238, 2004.
- GONZÁLEZ-BENITO, J.; GONZÁLEZ-BENITO, Ó. A review of Determinant Factors of Environmental Proactivity, **Business Strategy and the Environment**, v.15, p. 87-102, 2006.
- JABBOUR, C.J.C.; SANTOS, F.C.A. Evolução da gestão ambiental na empresa: uma taxonomia integrada à gestão da produção e de recursos humanos. **Gestão e Produção**, v.13, n.3, p. 435-448, 2006.
- JABBOUR, C.J.C.; TEIXEIRA, A.A.; OLIVEIRA, J.H.O.; SOUBIHIA, D.F. Treinamento ambiental: alinhando gestão ambiental e resultados organizacionais, p. 1-17, 2010.
- JOHANSSON, G.; MAGNUSSON, T. Organising for environmental considerations in complex product development projects: implications from introducing a "Green" sub-project. **Journal of Cleaner Production**, v.14, p. 1368-1376, 2005.
- KAEBERNICK, H.; KARA, S.; SUN, M. Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, v.19, p. 461-468, 2003.
- KAWAMOTO, C. I.; SANTOS, F. C. A.; JABBOUR, C. J. C. Dimensão ambiental e os fatores gerenciais do processo de desenvolvimento de produto. SIMPEP. 2007.
- KEOLEIAN, G.; MENEREY, D. Life Cycle Design Guidance Manual. **Environmental Protection Agency**: Cincinnati, OH. 1993.
- LAI, K.; WONG, C. W. Y.; Green logistics management and performance: Some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters, **Omega**, v. 40, p. 267-282, 2012.
- LENOX, M.; JORDAN B.; EHRENFELD, J. Diffusion of design for environment: a survey of current practice. In Proceedings of the IEEE International Symposium on Electronics and the Environment 6–8 May 1996, p. 25–30, 1996.
- LUCA BERCHICCI; WYNAND BODEWES. Bridging environmental issues with new product development. **Business Strategy and the Environment**. I4, p. 272-285, 2005.

- MAIMON, D. Passaporte Verde: gestão ambiental e competitividade, Rio de Janeiro, **Qualitymark**, 1996.
- MARINHO, M. B. Novas relações sistema produtivo/meio ambiente do controle à preservação da poluição. 198f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.
- MASCLE, C.; Hong Ping Zhao, H. P.; Integrating environmental consciousness in product/process development based on life-cycle thinking, **International Journal. Production Economics**, v. 112, p. 5-17, 2007.
- NIELSEN, 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, p. 247-257, 2002.
- PUJARI, D.; PEATTIE, K.; WRIGHT, G. Organizational antecedents of environmental responsiveness in industrial new product development. **Industrial Marketing Management**, v.33, p. 381-391, 2004
- PUJARI D.; WRIGTH G.; PEATTIE K. Green and competitive. Influences on environmental new product development performance. **Journal of Business Research** 56, p. 657–671, 2003.
- REIS, M. J. L.; ISO 14000 – Gerenciamento Ambiental: um novo desafio para a sua competitividade, Rio de Janeiro, **Qualitymark**, 200 p, 1995.
- ROBERT KH. The natural step. **Timeline** March/April: 1–24. 1995.
- SOPHIE H. BYGGETH; GORAN BROMAN. Environmental Aspects in Product Development – an Investigation among Small and Medium Sized Enterprises. **Proceedings of SPIE** Vol. 4193, p. 261-271. 2001.
- TINGSTROOM J.; KARLSSON R. The relationship between environmental analyses and the dialogue process in product development. **Journal of Cleaner Production**, v.14, pp.1409-1419, 2006.
- TSAI, M. et al. The effects assessment of firm environmental strategy and customer environmental consciousness on green product development. **Environ Monit Assess**, 2011.
- WBCSD; UNEP (Eds) - United Nations Environment Programme. Eco-efficiency and Cleaner Production, Charting the Course to Sustainability, 1996.
- WESLEY W. INGWERSEN; MARTHA J. STEVENSON. Can we compare the environmental performance of this product to that one? An update on the development of product category rules and future challenges toward alignment. **Journal of Cleaner Production** 24, p. 102-108, 2012.
- XIN REN. Development of environmental performance indicators for textile process and product. **Journal of Cleaner Production** 8, p. 473-481, 2000.
- ZHU, Q.; GENG, Y.; Drivers and barriers of extended supply chain practices for energy saving and emission reduction among Chinese manufacturers, **Journal of Cleaner Production**, in press, 2010.