

PANORAMA DO DESIGN FOR ENVIRONMENT: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

PANORAMA OF DESIGN FOR ENVIRONMENT: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Marcos José Alves Pinto Junior*E-mail: marcos_alvesjr@yahoo.com.br
Juliana Veiga Mendes* E-mail: juveiga@ufscar.br

*Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus Sorocaba, São Paulo

Resumo: Esta pesquisa é um estudo exploratório apresentando o Design for Environment - DfE como uma prática de gestão ambiental em Ecologia Industrial no ciclo de desenvolvimento do produto. O DfE analisa todas as etapas do ciclo de vida de um produto: desenvolvimento, fabricação, uso e disposição final propondo alterações no projeto, de forma a minimizar o impacto ambiental do produto. Com o intuito de analisar a literatura sobre o tema, esta pesquisa conduz uma Revisão Bibliográfica Sistemática - RBS sobre o DfE e práticas relacionadas. A RBS contempla uma etapa de planejamento, onde são definidos os objetivos da pesquisa, conceitos para inclusão e exclusão dos trabalhos a serem analisados, os trabalhos primários identificados e os materiais e métodos. A etapa seguinte é denominada processamento, que resulta mapeamento dos trabalhos. Nesta etapa, a análise dos objetivos dos artigos permitiu observar a convergência para temas relacionados à qualidade, inovação, estratégia, melhoria ambiental, avaliação ambiental, ferramenta, integração, setor ou produto específico estudado. A terceira etapa resultados, classifica os artigos por autoria e foco de pesquisa. Por fim esses artigos foram analisados e um conjunto de práticas relacionadas ao DfE disponíveis na literatura, foram classificadas de acordo com as etapas do ciclo de desenvolvimento do produto.

Palavras-chave: Gestão ambiental. RBS. DfE. Ciclo de desenvolvimento do produto. Práticas DfE.

Abstract: This research is an exploratory study presenting the Design for Environment - DfE as an environmental management practice in Industrial Ecology in the product development cycle. DfE analyzes all stages of the product life cycle: development, manufacturing, use and final disposal proposing changes in the design, to minimize the environmental impact of the product. To analyze the literature on the subject, this research conducts a Systematic Bibliographic Review - RBS on DfE and identifies related practices. The RBS performed can be divided into three stages: planning, processing, and results. In the planning stage, the objectives of the research are defined, concepts for inclusion and exclusion of the works to be analyzed, the identified original works and the materials and methods. The next step, processing, results in job mapping. In this stage, the analysis of the objectives of the articles allowed to observe the convergence for themes related to quality, innovation, strategy, environmental improvement, environmental assessment, tool, integration, sector or particular product studied. The third step, results, ranks the articles by authorship and research focus. Finally, these articles were analyzed, and a set of DfE-related practices available in the literature was classified according to the stages of the product development cycle.

Keywords: Environmental management. RBS. DfE. Product development cycle. DfE practices.

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de práticas ambientais e estratégias que previnem ou minimizam

danos ao meio ambiente gerados por processos industriais, estão se tornando fundamentais (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006) para uma empresa se ajustar e permanecer no mercado.

Práticas de gestão ambiental são programas de melhoria do desempenho ambiental de processos e produtos (MATOS; HALL, 2007; MIETTINEM; HAMALAINEN, 1997; MONTABON, SROUFE, NARASIMHAN, 2007; SROUFE, 2003). Podem ajudar no controle do uso de recursos durante o processo produtivo ou também no projeto do produto (ANDRIANKAJA et al., 2015; HOUE; GRABOT, 2009; ZHANG et al., 2011; CHIANG; ROY, 2012; FIKSEL, 2009). A integração de aspectos ambientais em produtos pode minimizar os riscos de emissões difundidas durante a produção, consumo e descarte (BAUMANN; BOONS; BRAGD, 2002; DANGELICO; PONTRANDOLFO, 2010).

O Design for Environment – DfE é uma prática de projeto de produto baseada na minimização de consequências negativas no âmbito econômico, ambiental e social, em questões durante e além do ciclo de vida dos mesmos (CHARTER; TISCHNER, 2001; FIKSEL, 1997). Diferente de outras práticas de gestão ambiental, o DfE analisa todas as fases do ciclo de desenvolvimento do produto com o objetivo de minimizar o impacto ambiental (CHARTER; TISCHNER, 2001; FIKSEL, 1997; ZHANG et al., 2011; CHIANG; ROY, 2012). Também, como aplicado no projeto de produto, se diferencia de projetos de produto tradicionais, onde são produtivistas e não consideram o impacto no meio ambiente (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006).

Com a importância das considerações sobre o impacto ambiental dos produtos em geral, esta pesquisa faz uma Revisão Bibliográfica Sistemática - RBS para o DfE e tem por objetivo analisar a literatura relacionada e circunstanciá-la no âmbito do ciclo de vida. O propósito da análise consiste em classificar as práticas de DfE, identificadas na revisão bibliográfica, no contexto das etapas do ciclo de desenvolvimento do produto, evidenciando assim, sua abrangência e ampla utilização. A RBS é inspirada no roteiro de RBS de Conforto, Amaral e Silva (2011).

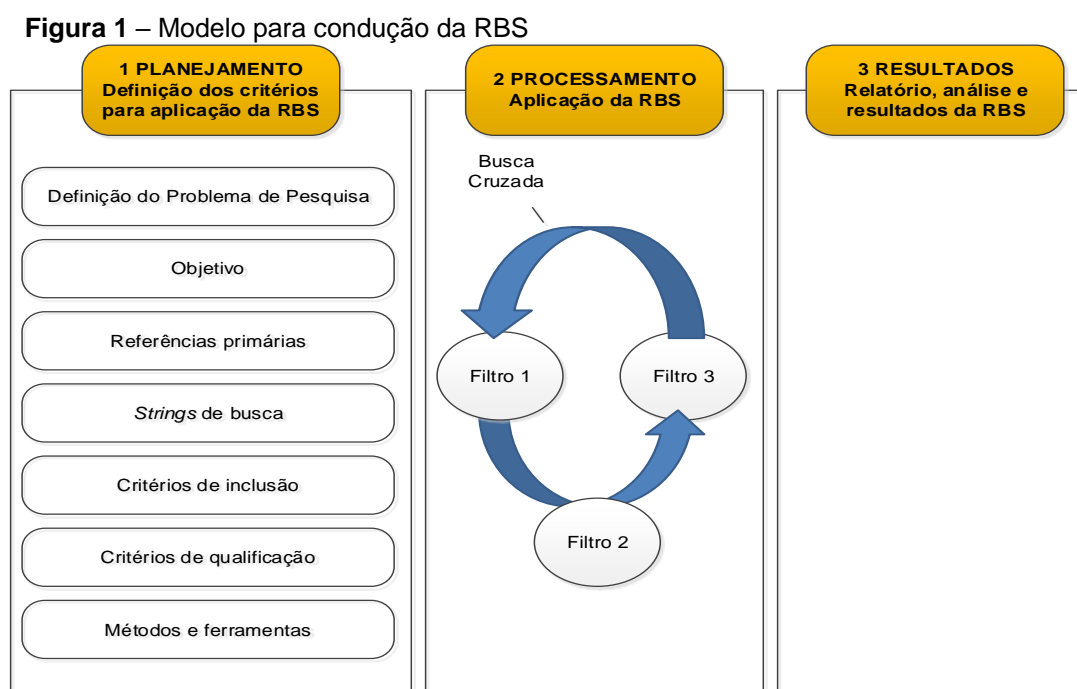
Este trabalho está fundamentado em torno de uma questão central, representando o núcleo da investigação e utilizando conceitos e termos específicos, abordados para a informação relacionada, pré-definida, focada e estruturada em uma questão específica (BIOLCHINI et al., 2005).

Inicialmente, foi realizada a leitura de materiais sendo referencial teórico primário. Não foi encontrado nenhum trabalho sistematizando o DfE em um conjunto de práticas. Desta forma, a RBS analisa os artigos em bases científicas, identificando características e aplicação da forma de estudo do DfE, como também as práticas mais utilizadas.

Esse artigo está estruturado da seguinte forma: após essa introdução ao assunto, a seção 2 detalha o método de pesquisa. Na seção 3 os resultados das etapas da RBS são apresentados e, por fim, as discussões e considerações finais, na seção 4.

2 MÉTODOS

Para a realização da RBS e posterior análise dos trabalhos, os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo exploratório estão representados na Figura 1.



Fonte: Adaptado de Conforto, Amaral e Silva (2011)

O modelo adotado para a condução da RBS possui 3 etapas principais, a saber: planejamento, processamento e resultados. O planejamento é constituído por sete passos os quais são fundamentais para um bom resultado, sendo metódicos, transparentes e replicáveis (COOK et al., 1997; COOPER, 1998). Na etapa de

processamento os artigos pré-selecionados foram analisados considerando três critérios de seleção (ou filtros), aplicados consecutivamente. E por fim a terceira etapa, onde os trabalhos selecionados são analisados e categorizados.

A seção a seguir apresenta os resultados da RBS.

3 CONDUÇÃO DA RBS

A condução da RBS é explicada detalhadamente nos tópicos a seguir e foi organizada seguindo o modelo apresentado na figura 1.

3.1 Etapa 1 – Planejamento da RBS

A primeira ação, na etapa de planejamento, consiste na obtenção de referências primárias para o tema DfE. Estas referências foram pesquisadas nas bases de periódicos *Science Direct* e *ISI Web of Knowledge* sendo buscas realizadas somente pela palavra-chave DfE, da Universidade Federal de São Carlos.

Posteriormente, foram identificadas, nos artigos primários, palavras-chave para construção das *strings* de busca nas bases de periódicos. As bases de periódicos apresentam características de pesquisa e apresentação de buscas de forma diferente entre si, por isso ambas estão detalhadas a seguir. Porém, este fator de diferenciação de bases dos periódicos não teve impacto nas palavras-chave quanto ao tema pesquisado.

Os critérios de inclusão para etapa de processamento, com intuito de selecionar os artigos utilizados para a etapa de saída são:

- Utilização de artigos disponíveis de forma gratuita;
- Seleção dos artigos que contenham no título as *strings* definidas;
- Utilização dos artigos disponíveis nas áreas de “*Engineering*”, “*Environmental Sciences Ecology*” e “*Operations Research Management Science*”.
- Artigos disponíveis em língua portuguesa ou inglesa;
- Utilizados somente artigos.

Os critérios de qualificação dos trabalhos analisados foram definidos para avaliar a importância do artigo para este estudo, sendo observados a abordagem, o

método de investigação utilizado, objetivo geral definido, área de pesquisa do trabalho e ramo ou setor estudado.

As buscas foram realizadas nos títulos dos trabalhos por meio das *strings* definidas. Assim, critérios de inclusão para seleção foram executados, sendo a área de pesquisa selecionada, os artigos disponíveis gratuitamente para *download* e verificação dos artigos em duplicata. Os endereços eletrônicos das bases de dados para esta pesquisa e um resumo da etapa de planejamento, estão disponíveis no Quadro 1. Para armazenamento das informações resultantes deste processo foram os softwares *Microsoft Excel* (Filtro 1) e o *JabRef Reference Manager 2.10* (Filtros 2 e 3).

Quadro 1 – Resumo da etapa de planejamento da RBS

Referências Primárias	Bevilacqua, Ciarapica e Giacchetta (2012); Birch, Hon e Short (2012); Borchardt et al. (2012); Calcott e Walls (2005); Fiksel (2009); Lindahl (2006); Zhang et al. (2011).
Palavras-chave	Design for Environment; design for the environment; ecodesign; projeto para o meio ambiente.
Strings de busca: ISI Web of Knowledge	("design for environment") OR ("design for the environment") OR ("ecodesign")
Strings de busca: Scopus	(TITLE ("design for environment") OR TITLE ("design for the environment") OR TITLE ("ecodesign") OR TITLE ("projeto para o meio ambiente"))
Endereço eletrônico: ISI Web of Knowledge	http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=2ErSOGYIsUhYmBNUC3C&preferencesSaved=
Endereço eletrônico: Scopus	http://www.scopus.com

Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 Etapa 2 – Processamento da RBS

Na etapa de processamento foram aplicados 3 filtros explicados a seguir. O processamento é executado utilizando as *strings* definidas para busca nas bases de dados. Os filtros têm por objetivo selecionar os trabalhos que se relacionam com o objetivo central da pesquisa em sua leitura.

O filtro 1 é definido para leitura do título, resumo e palavras-chave dos trabalhos encontrados na busca das bases de dados. É apresentada esta etapa na Tabela 1, atendendo os critérios de inclusão.

Tabela 1 – Resultado das etapas de buscas

Detalhamento de busca	ISI WoK	Scopus	Total
Total bruto	431	468	899
Seleção área pesquisada	357	391	748
Tipo de documento (artigo)	110	157	267
Idioma	103	151	254
Artigos disponíveis gratuitamente	59	122	181
Eliminação de duplicatas		127	

Fonte: Elaborado pelos autores

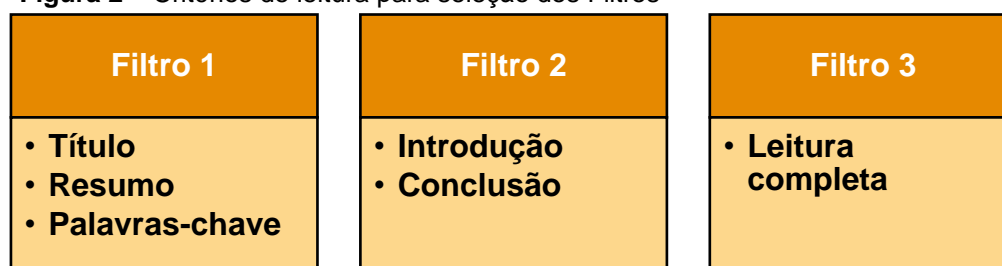
O total bruto de 899 representa todos os trabalhos encontrados nas bases de dados com a utilização das *strings*. Após a aplicação dos critérios de inclusão restaram 181 trabalhos. Como são duas bases de dados foram excluídos os trabalhos duplicados, sendo 127 artigos selecionados.

Para o filtro 2 foi realizado a leitura da introdução e conclusão dos 127 artigos selecionados no filtro 1. Após registros do objetivo geral dos trabalhos e seu método de investigação, foram selecionados 82 artigos que foram submetidos ao filtro 3. Os objetivos dos trabalhos e métodos dos trabalhos foram relevantes para seleção, cumprindo o objetivo desta pesquisa.

O filtro 3 requer leitura completa dos trabalhos para elaboração dos fichamentos, sendo selecionados 41 artigos. Adicional a este filtro para posterior elaboração da saída deste protocolo, foram adicionados 2 livros pois são referências relevantes identificadas nas análises realizadas.

O resumo dos critérios de leitura para seleção dos filtros é representado na Figura 2.

Figura 2 – Critérios de leitura para seleção dos Filtros



Fonte: Elaborado pelos autores

3.3 Etapa 3 – Resultados da RBS

No Quadro 2 são apresentados os resultados principais da RBS.

Quadro 2 - Resumo da RBS

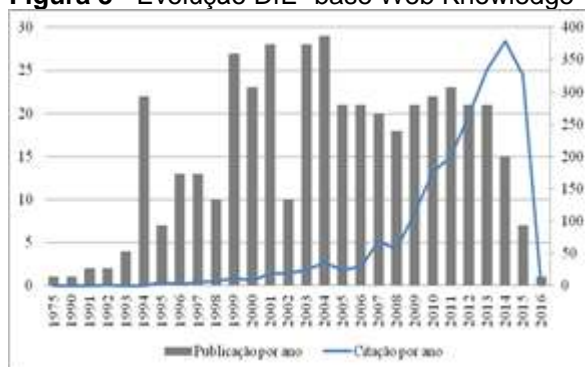
Base de dados	ISI Web of Knowledge; Scopus
Total bruto de artigos encontrados	899
Total dos artigos selecionados	41
Referências cruzadas	2 livros
Palavras-chave	Design for Environment; design for the environment; ecodesign; projeto para o meio ambiente

Fonte: Elaborado pelos autores

Referente ao total bruto encontrado nas bases de dados foi elaborado um gráfico de evolução temporal do campo de pesquisa das bases separadamente, de forma a quantificar os trabalhos publicados e entender o interesse pelo assunto tratado nesta pesquisa, apresentados nas Figuras 3 e 4.

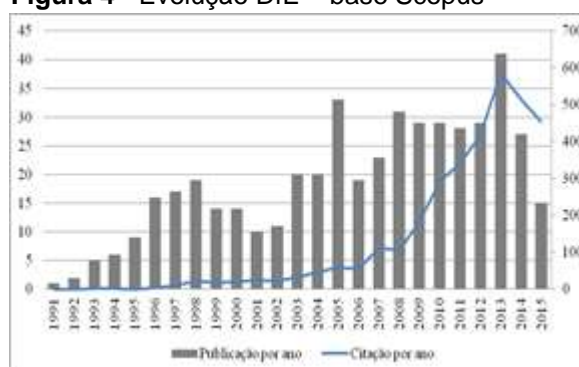
Observa-se que o total dos trabalhos encontrados sobre o assunto DfE nas bases de dados são bem próximos. São 431 trabalhos encontrados na base *ISI Web of Knowledge* e 468 na base *Scopus*. A visualização gráfica (Figuras 3 e 4) permite apontar o aumento de interesse pelo tema, a partir de 1994.

Figura 3 - Evolução DfE- base Web Knowledge



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4 - Evolução DfE – base Scopus



Fonte: Elaborado pelos autores

Uma síntese dos trabalhos selecionados nas bases de dados é apresentado no Quadro 3. Cada trabalho foi identificado pela autoria, método de investigação, abordagem, setor estudado e forma de contribuição. Os trabalhos foram pesquisados nas bases de dados definidas nesta pesquisa. Na Tabela 2 é apresentada uma equivalência relativa por periódico em porcentagem. Também é mencionado o *Qualis Capes* (Engenharias III, área de pesquisa deste trabalho) e o Fator de Impacto de cada periódico.

Observa-se uma concentração de artigos sobre o tema no *Journal of Cleaner Production*, representando 66% de todos os trabalhos selecionados. A análise nos artigos obtidos com a RBS, permitiu identificar práticas relacionadas ao DfE que foram classificadas considerando as etapas do ciclo de desenvolvimento do produto (Lewis et al., 2001): desenvolvimento ou concepção, produção ou manufatura, uso ou utilização e disposição ou recuperação (Quadro 4).

Tabela 2 – Estratificação por periódicos dos trabalhos para RBS

Periódicos	Quantidade	% Relativa Quantidade	Qualis Capes	Fator de Impacto
Journal of Cleaner Production	27	66%	A1	3.844
European Journal of Operational Research	1	2%	A1	2.358
Science of the Total Environment	1	2%	A1	4.099
Expert Systems with Applications	2	5%	A2	2.240
International Journal of Production Research	1	2%	A2	1.477
Production and Operations Management	1	2%	A2	1.439
Resources, Conservation and Recycling	2	5%	A2	2.564
Engenharia Sanitária e Ambiental	1	2%	B2	0.241
Produção	2	5%	B2	0.230
Ambiente & Sociedade	1	2%	B3	0.049
Materials & Design	1	2%	B4	3.501
International Journal of Production Economics	1	2%	C	2.752
Total	41	100%		

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 3 – Seleção dos trabalhos para RBS

Autores	Método de Investigação	Abordagem	Setor /Produto	Contribuição
Alves et al. (2010)	Estudo de caso	Qualitativa	Automobilística	Prática aplicável
Andriankaja et al. (2015)	Estudo de caso	Qualitativa	Transportes	Framework teórico
Arana-Landin e Heras-Saizarbitoria (2011)	Estudo de caso	Qualitativa	Não especificado	Framework teórico
Ardente, Mathieux e Recchioni (2014)	Estudo de caso	Qualitativa	Eletrônicos	Narrativa conceitual
Birch, Hon e Short (2012)	Experimentação	Qualitativa	Não especificado	Framework teórico
Boks (2006)	Survey	Qualitativa	Não especificado	Framework teórico
Boks e Stevels (2007)	Estudo de caso	Qualitativa	Indústria de eletrônicos	Prática aplicável
Bonilla et al. (2010)	Estudo de caso	Qualitativa Quantitativa	Bebidas	Ferramenta
Bonvoisin et al. (2014)	Estudo de caso	Qualitativa	Serviços	Framework teórico
Borchardt et al. (2008)	Estudo de caso	Qualitativa	Automobilística	Prática aplicável
Borchardt et al. (2010)	Estudo de caso	Qualitativa	Manufatura calçadista	Prática aplicável
Borchardt et al. (2012)	Estudo de caso Modelagem	Qualitativa Quantitativa	Indústria química	Avaliação da presença do DfE
Bovea e Pérez-Belis (2012)	Teórico	Qualitativa	Publicações	Tabela conceitual
Brones e de Carvalho (2015)	Teórico	Qualitativa	Publicações	Framework teórico
Brones, de Carvalho e Zancul (2014)	Estudo de caso	Qualitativa	Fabricante bens de consumo	Framework teórico
Byggeth e Hochschorner (2006)	Teórico	Qualitativa	Não especificado	Aplicação de ferramentas
González-García et al. (2011)	Estudo de caso	Quantitativa	Móveis	Tabela conceitual
Gouda, Jonnalagedda, Saranga (2016)	Modelagem	Quantitativa	Automobilística	Modelo matemático
Hernandez et al. (2012)	Teórico	Qualitativa	Não especificado	Ferramenta
Jeswiet e Hauschild (2005)	Teórico	Qualitativa	Manufatura	Análise temporal
Kengpol e Boonkanit (2011)	Teórico	Qualitativa Quantitativa	Não especificado	Framework teórico
Kurk e Eagan (2008)	Teórico	Qualitativa	Não especificado	Framework teórico
Lindahl (2006)	Estudo de caso	Qualitativa	Equipamentos industriais	Framework teórico
Lofthouse (2006)	Estudo de caso	Qualitativa	Eletrodoméstico	Framework teórico
Luttrupp e Lagerstedt (2006)	Teórico	Qualitativa	Publicações	Check list
Park e Tahara (2008)	Estudo de caso	Qualitativa Quantitativa	Câmera digital	Prática aplicável
Passarini et al. (2010)	Experimentação	Quantitativa	Automobilística	Prática aplicável
Pigosso et al. (2010)	Teórico	Qualitativa	Não especificado	Análise de casos
Pigosso, Rozenfeld e McAlone (2013)	Hipotético-dedutivo	Qualitativa	Manufatura	Framework teórico
Platcheck et al. (2008)a	Estudo de caso	Qualitativa	Eletrônicos	Framework teórico
Platcheck et al. (2008)b	Estudo de caso	Qualitativa	Compressor de ar	Prática aplicável
Plouffe et al. (2011)	Survey	Quantitativa	Manufatureiro e serviços	Análise econômica
Pochat, Bertoluci e Froelich (2007)	Estudo de caso	Qualitativa	Manufatura	Framework teórico
Raz, Druel e Blass (2013)	Modelagem	Quantitativa	Jornais	Modelo matemático
Roca et al. (2012)	Lógica fuzzy	Quantitativa	Garrafa	Prática aplicável
Sakundarini et al. (2015)	Estudo de caso	Qualitativa	Indústrias	Framework teórico
Short et al. (2012)	Estudo de caso	Qualitativa Quantitativa	Manufatura	Análise de casos
Silva, Moraes e Machado (2015)	Estudo de caso	Qualitativa	Acessórios para motocicleta	Framework teórico
Tiruta-Barna et al. (2014)	Estudo de caso	Quantitativa	Estação de tratamento de água	Prática aplicável
van Hemel e Cramer (2002)	Estudo de caso	Qualitativa	PME's	Framework teórico
Zhang et al. (2011)	Estudo de caso	Qualitativa Quantitativa	Fabricante leite soja	Framework teórico

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 4 – Práticas relacionadas ao DfE categorizadas no ciclo de desenvolvimento do produto (continua)

Fase	Práticas de DfE	Literatura
Desenvolvimento/ Concepção	Reduzir ou eliminar o uso de materiais ligados à degradação da camada de ozônio e às mudanças climáticas, durante o ciclo de vida	Giannetti e Almeida (2006); González-García et al. (2011); Borchardt et al. (2008); Short et al. (2012).
	Entender o produto como ambientalmente correto por todo o seu ciclo de vida	Giannetti e Almeida (2006); Bovea e Pérez-Bélis (2012); Roca et al. (2012); van Hemel e Cramer (2002).
	Escolher os materiais mais adequados, naturais ou não, com base na avaliação do ciclo de vida	Giannetti e Almeida (2006); González-García et al. (2011); Passarini et al. (2010).
	Minimizar o consumo de energia, maximizando o uso de fontes renováveis de energia	Giannetti e Almeida (2006); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Passarini et al. (2010); van Hemel e Cramer (2002).
	Usar o mínimo de material e evitar a utilização de materiais escassos	Giannetti e Almeida (2006).
	Reduzir ou eliminar o uso de materiais tóxicos, inflamáveis ou explosivos durante o ciclo de vida	Giannetti e Almeida (2006); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Borchardt et al. (2008); Jeswiet e Hauschild (2005); Boks (2006); Park e Tahara (2008); Ardente, Mathieux e Recchioni (2014); Kurk e Eagan (2008).
	Atender às regulamentações	Giannetti e Almeida (2006).
	Usar materiais de alta qualidade para minimizar o peso do produto, se tais escolhas não interferem com a necessária flexibilidade, resistência ao impacto ou outras prioridades funcionais	Wimmer et al. (2005); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Fiksel (2009); van Hemel e Cramer (2002); Alves et al. (2010); Park e Tahara (2008).
	Investir em melhores materiais, tratamentos de superfície ou arranjos estruturais para proteger os produtos de sujeira, corrosão e desgaste, garantindo assim a manutenção reduzida e maior vida útil do produto	Luttrupp e Lagerstedt (2006).
	Usar o mínimo de elementos de união possível (utilizar parafusos, adesivos, soldadura, encaixe ajustável, fecho geométrico)	Luttrupp e Lagerstedt (2006).
	Utilizar ferramentas disponíveis ou de fácil acesso para o DfE	Andriankaja et al. (2015); Passarini et al. (2010); Hernandez et al. (2012); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Lofthouse (2006); Lindahl (2006); Tiruta-Barna et al. (2014); Byggeth e Hochschorner (2006); Birch, Hon e Short et al. (2012); Kurk e Eagan (2008).
	Integrar o processo de DfE na cadeia de valor da empresa	Andriankaja et al. (2015); Bovea e Pérez-Bélis (2012); Brones e de Carvalho (2015); Pochat, Bertoluci e Froelich (2007); Boks (2006).
	Identificar prazos para o cumprimento das práticas de DfE na fase de concepção	Andriankaja et al. (2015).
	Garantir confiabilidade dos resultados alcançados do projeto do produto	Andriankaja et al. (2015).
	Obter um processo integrado às exigências ambientais legais com o processo de DfE, contemplando aspectos de segurança, econômicos, jurídicos e funcionais	Bovea e Pérez-Bélis (2012); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Brones, de Carvalho e Zancul (2014); Brones e de Carvalho (2015); Pochat, Bertoluci e Froelich (2007); Arana-Landin e Heras-Saizarbitoria (2011); Boks (2006).
	Identificar os requisitos necessários na fase de concepção relacionados as exigências de segurança	Bovea e Pérez-Bélis (2012); Roca et al. (2012); Raz, Druehl e Blass (2013); Jeswiet e Hauschild (2005); Luttrupp e Lagerstedt (2006).
	Identificar os requisitos necessários na fase de concepção relacionados as exigências econômicas	Bovea e Pérez-Bélis (2012); Roca et al. (2012); Raz, Druehl e Blass (2013); Jeswiet e Hauschild (2005); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Pigosso et al. (2010); Plouffe et al. (2011).
	Identificar os requisitos necessários na fase de concepção relacionados as exigências funcionais	Bovea e Pérez-Bélis (2012); Roca et al. (2012); Passarini et al. (2010); Raz, Druehl e Blass (2013); Jeswiet e Hauschild (2005); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Pigosso et al. (2010).
Redução dos custos e impactos ambientais considerando a análise do ciclo de vida	Bonvoisin et al. (2014); González-García et al. (2011); Raz, Druehl e Blass (2013); Park e Tahara (2008); Kurk e Eagan (2008).	

Quadro 4 – Práticas relacionadas ao DfE categorizadas no ciclo de desenvolvimento do produto (continuação)

Fase	Práticas de DfE	Literatura
Desenvolvimento/ Concepção	Utilizar de ferramentas DfE simples	Bovea e Pérez-Béllis (2012); Hernandez et al. (2012); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Lofthouse (2006); Lindahl (2006); Byggeth e Hochschorner (2006); Birch, Hon e Short et al. (2012); Kurk e Eagan (2008).
	Identificar os requisitos necessários na fase de concepção quanto as exigências jurídicas/legais	Bovea e Pérez-Béllis (2012); Roca et al. (2012); Passarini et al. (2010); Sakundarini et al. (2015); Gouda, Jonnalagedda, Saranga (2016); Jeswiet e Hauschild (2005); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Pigosso, Rozenfeld e McAlloone (2013); Pigosso et al. (2010); Ardente, Mathieux e Recchioni (2014).
	Definir critérios para definição das informações	Bonvoisin et al. (2014).
	Empregar um modo de transporte com energia eficiente	van Hemel e Cramer (2002).
	Identificar e aplicar os requisitos de clientes para o produto e processo	Zhang et al. (2011).
	Assegurar o compromisso, apoio e recursos para executar atividades relacionadas a concepção ecológica	Pigosso, Rozenfeld e McAlloone (2013); Plouffe et al. (2011).
	Incorporar tarefas de concepção ecológica para a rotina diária de empregados relevantes	Pigosso, Rozenfeld e McAlloone (2013).
Produção/ Manufatura	Definir critérios ambientais para definição dos equipamentos	Bonvoisin et al. (2014).
	Definir critérios ambientais para definição da infraestrutura	Bonvoisin et al. (2014); Kurk e Eagan (2008).
	Minimizar os resíduos gerados no processo produtivo	Wimmer et al. (2005); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Fiksel (2009).
	Utilização de materiais com menor energia empregada em sua fabricação ou extração	van Hemel e Cramer (2002).
	Utilização de menor volume de componentes no produto	van Hemel e Cramer (2002); Platcheck et al. (2008b).
	Projetar o processo de fabricação com técnicas de produção mais limpa	van Hemel e Cramer (2002); Silva, Moraes e Machado (2015).
	Reduzir os processos produtivos	van Hemel e Cramer (2002).
	Reduzir a eliminação de resíduos do processo produtivo	van Hemel e Cramer (2002).
	Reduzir uso de materiais de consumo no processo de produção	van Hemel e Cramer (2002); Platcheck et al. (2008a).
	Utilizar materiais limpos para embalagens, de baixa energia empregada e sem produtos tóxicos em sua composição	van Hemel e Cramer (2002).
Uso/ Utilização	Melhorar a logística de distribuição, minimizando a necessidade de transporte	Giannetti e Almeida (2006); Luttrupp e Lagerstedt (2006); González-García et al. (2011); Wimmer et al. (2005); van Hemel e Cramer (2002); Alves et al. (2010).
	Aumentar a vida do produto	Giannetti e Almeida (2006); Luttrupp e Lagerstedt (2006).
	Reduzir ou eliminar o armazenamento e emissão de materiais perigosos	Giannetti e Almeida (2006).
	Projetar produtos de forma multifuncional	Wimmer et al. (2005); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Fiksel (2009).
	Reaproveitar resíduos gerados durante uso do produto	Wimmer et al. (2005); Luttrupp e Lagerstedt (2006); Fiksel (2009); Borchardt et al. (2008).
	Reduzir o consumo energético na utilização do produto	van Hemel e Cramer (2002).
	Empregar fontes de energias limpas na utilização do produto	van Hemel e Cramer (2002).
	Utilizar poucos materiais de consumo na utilização do produto	van Hemel e Cramer (2002).
	Utilizar materiais de consumo limpos na utilização do produto	van Hemel e Cramer (2002).
	Obter um produto que não desperdice energia na sua utilização	van Hemel e Cramer (2002).
	Alta durabilidade e confiabilidade do produto	van Hemel e Cramer (2002).
	Estruturar produtos modulares ou adaptável às necessidades dos clientes	van Hemel e Cramer (2002).
	Buscar uma forte relação do produto com seu consumidor ou usuário	van Hemel e Cramer (2002).
Permitir o uso do produto compartilhado	van Hemel e Cramer (2002).	
Otimizar funcionalidades e integrar funções para o produto	van Hemel e Cramer (2002).	

Quadro 4 – Práticas relacionadas ao DfE categorizadas no ciclo de desenvolvimento do produto (conclusão)

Fase	Práticas de DfE	Literatura
Disposição/ Recuperação	Empregar produtos recicláveis ou reutilizáveis, reduzindo ou eliminando o uso de materiais virgens. Empregar logística reversa.	Giannetti e Almeida (2006); Luttropp e Lagerstedt (2006); Passarini et al. (2010); van Hemel e Cramer (2002); Alves et al. (2010); Boks (2006); Short et al. (2012); Silva, Moraes e Machado (2015); Ardente, Mathieux e Recchioni (2014).
	Promover a reparação e modernização	Luttropp e Lagerstedt (2006).
	Utilizar material retornável ou reutilizável para embalagem	Roca et al. (2012); Passarini et al. (2010); Wimmer et al. (2005); van Hemel e Cramer (2002).
	Utilizar materiais renováveis	van Hemel e Cramer (2002).
	Facilitar manutenção e reparo do produto	van Hemel e Cramer (2002).
	Reutilizar o produto em seu fim de vida	van Hemel e Cramer (2002).
	Projetar um processo de remanufatura ou renovação para o produto	van Hemel e Cramer (2002); Sakundarini et al. (2015); Pigosso et al. (2010).
	Incinerar de forma segura o produto no fim de vida permitindo a recuperação de energia	van Hemel e Cramer (2002).
	Eliminar de forma segura, os restos do produto para sua disposição	van Hemel e Cramer (2002); Borchardt et al. (2008).
Desmaterialização como conceito de concepção do produto	van Hemel e Cramer (2002).	

Fonte: Elaborado pelos autores

4 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os objetivos dos trabalhos evidenciados na RBS para utilização do DfE sejam convergentes, observa-se uma grande variedade em relação as abordagens relacionados ao tema, o modo de execução, metodologia, a real necessidade de utilização e implementação.

Na leitura dos artigos, os objetivos estudados se assemelham para temas sobre qualidade, inovação, estratégia, melhoria ambiental, avaliação ambiental, ferramenta, integração, setor ou produto específico estudado em desenvolvimento de produto.

Muitos trabalhos relatam aplicações do DfE em áreas específicas do setor industrial, como por exemplo o químico, automobilístico, eletrônico, serviços, entre outros. Cada um contribuindo com resultados em um setor ou produto específico e de formas distintas. Também, para consolidação das práticas do DfE, os trabalhos buscam integrar os métodos ou metodologias criadas as rotinas da organização.

A Tabela 3 expõe os artigos oriundos da RBS e os relaciona aos principais temas abordados nos estudos sobre DfE e a Tabela 4 indica a frequência da palavra no texto encontrada no corpo do artigo.

Tabela 3 – Análise de agrupamento da RBS

Autores	Características dos trabalhos							Setor/ Produto específico
	Qualidade	Inovação	Estratégia	Melhoria ambiental	Avaliação ambiental	Ferramenta	Integração	
Alves et al. (2010)				√				√
Andriankaja et al. (2015)				√	√	√		√
Arana-Landin e Heras-Saizarbitoria (2011)					√	√	√	
Ardente, Mathieux e Recchioni (2014)		√	√			√		√
Birch, Hon e Short (2012)			√	√		√		
Boks (2006)			√			√	√	
Boks e Stevels (2007)			√			√	√	√
Bonilla et al. (2010)				√	√	√	√	√
Bonvoisin et al. (2014)					√	√	√	√
Borchardt et al. (2008)			√	√		√		√
Borchardt et al. (2010)		√	√			√	√	√
Borchardt et al. (2012)					√	√		√
Bovea e Pérez-Belis (2012)						√	√	
Brones e de Carvalho (2015)		√				√	√	
Brones, de Carvalho e Zancul (2014)		√	√			√	√	√
Byggeth e Hochschorner (2006)			√			√	√	
González-García et al. (2011)			√	√	√	√		√
Gouda, Jonnalagedda, Saranga (2016)	√				√	√		√
Hernandez et al. (2012)						√		
Jeswiet e Hauschild (2005)						√	√	√
Kengpol e Boonkanit (2008)			√		√	√	√	
Kurk e Eagan (2008)		√				√	√	
Lindahl (2006)						√	√	√
Lofthouse (2006)			√			√	√	√
Luttropp e Lagerstedt (2006)					√	√	√	
Park e Tahara (2008)	√					√	√	√
Passarini et al. (2010)					√	√		√
Pigosso et al. (2010)			√			√	√	
Pigosso, Rozenfeld e McAlloone (2013)		√	√			√	√	√
Platcheck et al. (2008a)		√	√	√		√		√
Platcheck et al. (2008b)			√				√	√
Plouffe et al. (2011)		√	√				√	√
Pochat, Bertoluci e Froelich (2007)			√			√	√	√
Raz, Druehl e Blass (2013)		√				√		√
Roca et al. (2012)						√	√	√
Sakundarini et al. (2015)						√		√
Short et al. (2012)			√			√	√	√
Silva, Moraes e Machado (2015)						√		√
Tiruta-Barna et al. (2014)						√	√	√
van Hemel e Cramer (2002)		√	√	√				√
Zhang et al. (2011)						√	√	√

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 4 – Análise quantitativa da RBS

Autores	Características dos trabalhos							
	Qualidade	Inovação	Estratégia	Melhoria ambiental	Avaliação ambiental	Ferramenta	Integração	Setor/Produto específico
Alves et al. (2010)				5				17
Andriankaja et al. (2015)				41	49	85		11
Arana-Landin e Heras-Saizarbitoria (2011)					4	8	10	
Ardente, Mathieux e Recchioni (2014)		5	5			7		69
Birch, Hon e Short (2012)			83	20		178		
Boks (2006)			10			32	17	
Boks e Stevels (2007)			25			11	10	15
Bonilla et al. (2010)				10	28	12	3	27
Bonvoisin et al. (2014)					24	2	4	115
Borchardt et al. (2008)			4	6		20		16
Borchardt et al. (2010)		6	5			52	4	5
Borchardt et al. (2012)					18	22		5
Bovea e Pérez-Belis (2012)						75	49	
Brones e de Carvalho (2015)		38				41	94	
Brones, de Carvalho e Zancul (2014)		13	13			22	38	3
Byggeth e Hochschorner (2006)			43			158	4	
González-García et al. (2011)			16	31		1		29
Gouda, Jonnalagedda, Saranga (2016)	160				6	3		7
Hernandez et al. (2012)						88		
Jeswiet e Hauschild (2005)						10	2	28
Kengpol e Boonkanit (2011)			6		11	12	13	
Kurk e Eagan (2008)		6				31	10	
Lindahl (2006)						231	12	2
Lofthouse (2006)			10			115	6	5
Luttropp e Lagerstedt (2006)					2	62	3	
Park e Tahara (2008)	46					9	7	22
Passarini et al. (2010)					5	5		8
Pigosso et al. (2010)			40			25	8	
Pigosso, Rozenfeld e McAloone (2013)		5	29			58	15	16
Platcheck et al. (2008)a		5	5	7		7		24
Platcheck et al. (2008)b			5				2	36
Plouffe et al. (2011)		7	11				6	15
Pochat, Bertoluci e Froelich (2007)			19			125	49	6
Raz, Druehl e Blass (2013)		153				4		18
Roca et al. (2012)						19	14	17
Sakundarini et al. (2015)						38		59
Short et al. (2012)			12			10	10	12
Silva, Moraes e Machado (2015)						16		1
Tiruta-Barna et al. (2014)						13	6	1
van Hemel e Cramer (2002)		24	23	49				54
Zhang et al. (2011)						4	4	14

Fonte: Elaborado pelos autores

Esta pesquisa sistematiza uma forma de revisão bibliográfica para o DfE, onde é possível verificar os principais pesquisadores no tema e compreender a contribuição específica de cada um sobre DfE. Observa-se que a maioria dos autores o consideram

uma ferramenta para desenvolvimento do produto que possibilita a integração das etapas de desenvolvimento com as de fabricação. Um aspecto curioso observado é que, embora por definição, o DfE vise a melhoria ambiental esse tema não é citado massivamente nos artigos analisados.

O estudo realizado permitiu classificar a bibliografia sobre o tema, de acordo com as etapas de do ciclo de desenvolvimento do produto, e explicitar, de forma sumarizada, as práticas do DfE em cada uma dessas etapas. A identificação das práticas pode ser um ponto a ser explorado em pesquisas futuras, onde novos estudos, mais recentes, contribuição para ampliar essa base de práticas aqui apresentadas.

A grande limitação desse trabalho está relacionada a sua abrangência uma vez que somente duas bases de dados foram analisadas os critérios de inclusão e exclusão.

A RBS desta pesquisa contribui para pesquisas futuras em aplicações de práticas de DfE específicas como trabalhos que exploram o tema.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. et al. Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 4, p. 313–327, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.10.022>

ANDRIANKAJA, H. et al. A method to ecodesign structural parts in the transport sector based on product life cycle management. **Journal of Cleaner Production**, v. 94, p. 165–176, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.026>

ARANA-LANDIN, G.; HERAS-SAZARBITORIA, I. Paving the way for the ISO 14006 ecodesign standard: An exploratory study in Spanish companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 9-10, p. 1007–1015, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.01.013>

ARDENTE, F.; MATHIEUX, F.; RECCHIONI, M. Recycling of electronic displays: Analysis of pre-processing and potential ecodesign improvements. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 92, p. 158–171, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.09.005>

BAUMANN, H.; BOONS, F.; BRAGD, A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 409-425, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00015-X)

BIOLCHINI, J. et al. **Systematic review in software engineering. Technical Report.** Systems Engineering and Computer Science Department. COPPEUFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

BIRCH, A.; HON, K. K. B.; SHORT, T. Structure and output mechanisms in Design for

Environment (DfE) tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 35, p. 50–58, 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.029>

BOKS, C. The soft side of ecodesign. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15-16, p. 1346–1356, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.015>

BOKS, C.; STEVELS, A. Essential perspectives for design for environment. Experiences from the electronics industry. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 18, p. 4021–4039, 2007. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540701439909>

BONILLA, S. H. et al. Emergy as a tool for Ecodesign: evaluating materials selection for beverage packages in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 1, p. 32–43, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.03.019>

BONVOISIN, J. et al. An integrated method for environmental assessment and ecodesign of ICT-based optimization services. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, p. 144–154, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.003>

BORCHARDT, M. et al. Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva. **Ambiente & sociedade**, v. 11, n. 2, p. 341–353, 2008.

BORCHARDT, M. et al. Reprojeto do contraforte: um caso de aplicação do ecodesign em manufatura calçadista. **Produção**, v. 20, n. 3, p. 392–403, 2010.

<https://doi.org/10.1590/S0103-65132010005000006>

BORCHARDT, M. et al. Avaliação da presença de práticas do Design for Environment (DfE) no desenvolvimento de produto de uma empresa da indústria química. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 58-69, jan/fev. 2012. doi: 10.1590/S0103-65132012005000001

BOVEA, M. D.; PÉREZ-BELIS, V. A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process. **Journal of Cleaner Production**, v. 20, n. 1, p. 61–71, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.012>

BRONES, F.; DE CARVALHO, M. From 50 to 1: Integrating literature toward a systemic ecodesign model. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 44–47, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.036>

BRONES, F.; DE CARVALHO, M. M.; ZANCUL, E. Ecodesign in project management: A missing link for the integration of sustainability in product development? **Journal of Cleaner Production**, v. 80, p. 106–118, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.088>

BYGGETH, S.; HOCHSCHORNER, E. Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable product development and procurement. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15-16, p. 1420–1430, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.03.024>

CHARTER M.; TISCHNER U. **Sustainable solutions**. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing, 2001.

CHIANG, T. A.; ROY, R. An intelligent benchmark-based design for environment system for derivative electronic product development. **Computers in Industry**, v. 63, p. 913-929, 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2012.08.014>

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **8º**

Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CNGDP 2011, n. 1998, p. 1–12, 2011.

COOK, D. J.; MULROW, C. D.; HAYNES, R. B. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of Internal Medicine**, v.126, n.5, p. 376-380, 1997. DOI: 10.7326/0003-4819-126-5-199703010-00006

COOPER, H. **Synthesizing Research**. Thousand Oaks: Sage, 1998.

DANGELICO, R. M.; PONTRANDOLFO, P. From green product definitions and classifications to the Green Option Matrix. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 16-17, p. 1608-1628, nov. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.07.007>

FIKSEL, J. **Ingeniería de diseño medioambiental**. DEF: desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes. Madrid: McGrawHill Book, 1997.

FIKSEL, J. **Design for Environment: A Guide to Sustainable Product Development**. 2.ed. New York: McGraw Hill, 2009.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2006.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S. et al. Assessing the global warming potential of wooden products from the furniture sector to improve their ecodesign. **Science of the Total Environment**, v. 410-411, p. 16–25, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.059>

GOUDA, S. K.; JONNALAGEDDA, S.; SARANGA, H. Design for the environment: Impact of regulatory policies on product development. **European Journal of Operational Research**, v. 248, n. 2, p. 558–570, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.043>

HERNANDEZ, N. V. et al. Development of an expert system to aid engineers in the selection of design for environment methods and tools. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 10, p. 9543–9553, ago. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.098>

HOUE, R.; GRABOT, B. Assessing the compliance of a product with an eco- label: from standards to constraints. **International Journal of Production Economics**, v. 121, p. 21–38, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.03.014>

JESWIET, J.; HAUSCHILD, M. EcoDesign and future environmental impacts. **Materials & Design**, v. 26, n. 7, p. 629-634, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2004.08.016>

KENGPOL, A.; BOONKANIT, P. The decision support framework for developing Ecodesign at conceptual phase based upon ISO/TR 14062. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 4–14, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.10.006>

KURK, F.; EAGAN, P. The value of adding design-for-the-environment to pollution prevention assistance options. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 6, p. 722–726, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.02.022>

LEWIS, H. et al. **Design+environment: a global guide to designing greener goods**. sheffield, UK: Greenleaf Publishing Limited, 2001.

- LINDAHL, M. Engineering designers' experience of design for environment methods and tools e Requirement definitions from an interview study. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 5, p. 487-496, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.02.003>
- LOFTHOUSE, V. A. Ecodesign tools for designers: defining the requirements. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15-16, p. 1386-1395, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.013>
- LUTTROP, C.; LAGERSTEDT, J. EcoDesign and the ten golden rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 15-16, p. 1396-1408, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.022>
- MATOS, S.; HALL, J. Integrating sustainable development in the supply chain: the case of sustainable development in the oil and gas and agricultural biotechnology. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 6, p. 1083-1102, nov. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.013>
- MIETTINEM, P.; HAMALAINEN, R. P. How to benefit from decision analysis in environmental life cycle assessment (LCA). **European Journal of Operational Research**, v. 102, n. 2, p. 279-294, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00109-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00109-4)
- MONTABON, F.; SROUFE, R.; NARASIMHAN, R. An examination of corporate reporting, environmental management practices and firm performance. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 5, p. 998-1014, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.10.003>
- PARK, P. J.; TAHARA, K. Quantifying producer and consumer-based eco-efficiencies for the identification of key ecodesign issues. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 1, p. 95-104, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.11.003>
- PASSARINI, F. et al. Assessment of Ecodesign potential in reaching new recycling targets. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 12, p. 1128–1134, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.03.006>
- PIGOSSO, D. C. A. et al. Ecodesign methods focused on remanufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 1, p. 21–31, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.09.005>
- PIGOSSO, D. C. A.; ROZENFELD, H.; MCALOONE, T. C. Ecodesign maturity model: A management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 59, p. 160–173, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.040>
- PLATCHECK, E. R. et al. Methodology of ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 1, p. 75–86, 2008a. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.10.006>
- PLATCHECK, E. R. et al. EcoDesign: case of a mini compressor re-design. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 14, p. 1526–1535, 2008b. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.09.004>
- PLOUFFE, S. et al. Economic benefits tied to ecodesign. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 6-7, p. 573–579, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.12.003>

POCHAT, S.; BERTOLUCI, G.; FROELICH, D. Integrating ecodesign by conducting changes in SMEs. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 7, p. 671–680, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.01.004>

RAZ, G.; DRUEHL, C. T.; BLASS, V. Design for the Environment: Life-Cycle Approach Using a Newsvendor Model. **Production and operations management**, v. 22, n. 4, p. 940–957, 2013. <https://doi.org/10.1111/poms.12011>

ROCA, E. et al. Application of fuzzy logic for the integration of environmental criteria in ecodesign. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 4, p. 4427–4431, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.148>

SAKUNDARINI, N. et al. Design for environment and design for disassembly practices in Malaysia: A practitioner's perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 331–342, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.033>

SHORT, T. et al. Manufacturing, sustainability, ecodesign and risk: lessons learned from a study of Swedish and English companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 37, p. 342–352, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.037>

SILVA, A. L. E.; MORAES, J. A. R.; MACHADO, E. L. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 29–37, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000087843>

SROUFE, R. Effect of environmental management systems on environmental management practices and operations. **Production and Operations Management Journal**, v. 12, n. 3, p. 416–431, 2003. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2003.tb00212.x>

TIRUTA-BARNA, L. et al. Formalization of a technical procedure for process ecodesign dedicated to drinking water treatment plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, p. 16–24, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.011>

VAN HEMEL, C.; CRAMER, J. Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 439–453, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00013-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00013-6)

WIMMER, W. et al. Product innovation through ecodesign. **International Journal of Sustainable Design**, v. 1, p. 75–92, 2005. <http://dx.doi.org/10.1504/IJSDES.2008.017058>

ZHANG, L. et al. Development and analysis of design for environment oriented design parameters. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 15, p. 1723–1733, out. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.06.012>



Artigo recebido em 03/03/2017 e aceito para publicação em 18/04/2017
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v18i1.2784>