A Utilização das Ferramentas 'Lean Manufacturing' como Complemento ao 'Design for Environment' para Redução do Impacto Ambiental

PINTO JUNIOR, M. J. A. [a,*]

a. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, São Paulo, Brasil

** Corresponding author, marcos_alvesjr@yahoo.com.br*

Resumo

Este trabalho explora o DfE (Design for Environment - Projeto para o Meio Ambiente) como sendo uma das práticas de gestão ambiental e o Lean Manufacturing. A proposta é apresentar como as ferramentas do Lean podem complementar as ferramentas do DfE na redução do impacto ambiental. Através da pesquisa bibliográfica com a contribuição de vários autores sobre o tema proposto, analisa-se que, o Lean Manufacturing visa à melhoria da qualidade e produtividade e o DfE tem por objetivo a Ecoeficiência, que previne a poluição e a degradação do meio ambiente no desenvolvimento do produto e do processo. Essa relação contribui para o desenvolvimento sustentável sugerindo a existência de um ambiente propício para a realização de esforços voltados para a redução do desperdício: através da eliminação destes desperdícios, eliminam-se também parte dos problemas ambientais por causa do acúmulo do lixo e toda contaminação proveniente dele. É apresentada uma breve revisão da literatura sobre DfE e Lean Manufacturing mostrando seus conceitos, características e aplicações no auxílio da redução de desperdício.

Palavras-chave: *Design for Environment. Lean Manufacturing.Ferramentas.*

1. Introdução

A forma como uma empresa atua em relação aos problemas ambientais está fortemente vinculada ao seu desempenho financeiro e mercadológico. Nesta perspectiva, diversos pesquisadores têm mostrado que a reputação da empresa é um importante ativo intangível, o que faz dela uma vantagem competitiva importante, como verificaram Miles e Covin (2000).

O crescimento do contingente de consumidores que preferem comprar produtos e serviços que respeitem a natureza é outro fator que impulsiona o tratamento estratégico dos problemas ambientais. Porém, a rápida popularização de produtos e a rápida obsolescência de alguns modelos, criam a necessidade de substituição quase obrigatória para algumas profissões específicas e também para os aficionados em tecnologia. Todavia, a rápida substituição desses produtos, assim como o seu descarte pode gerar sérios problemas ambientais, pelo volume, pelos materiais em sua composição que demoram muito tempo para se decompor, tais como: o plástico, o vidro e o metal, mas, especialmente, por causa dos metais pesados que pode o compor, são altamente prejudiciais à saúde humana. Não sendo suficiente, ainda faltam locais apropriados para a disposição final de muitos produtos em desuso.

A utilização das ferramentas do Lean Manufacturing, sendo complementares as ferramentas do DfE pode significar uma estratégia competitiva importante. O Lean Manufacturing visa à melhoria da qualidade e da produtividade enquanto o DfE inclui as preocupações ambientais desde a concepção do produto visando uma redução no seu impacto ambiental no ciclo de vida, seus respectivos processos de produção, distribuição e utilização, já que esses produtos são de breve vida útil.

2. Revisão da literatura

Para melhor entendermos como o DfE e o Lean pode se relacionar, uma revisão da literatura para estes dois constructos se faz necessário, com objetivo da redução do impacto ambiental.

2.1 Design for Environment - DfE

A Globalização e os intensos processos produtivos decorrentes da exploração desordenada do homem no meio ambiente acarretaram para o planeta danos quase irreversíveis, porém, com o surgimento do conceito de Desenvolvimento Sustentável, a solução ou pelo menos atenuação desses danos é promissora. Sustentabilidade é a palavra da moda e, não obstante, as empresas tiveram que se adequar a este conceito para garantir seu direito à competitividade. De acordo com CNTL (2002) apud Elias e Magalhães (2003) para que uma empresa se ajuste ao mercado hoje, e permaneça nele, ela precisa ser Ecoeficiente, ou seja: economicamente rentável, ambientalmente compatível e socialmente justa.

A ideia do DfE surgiu em 1992, quando a indústria eletrônica dos Estados Unidos procurava minimizar o impacto no meio ambiente decorrente de sua atividade (FIKSEL, 2009). A American Electronics Association formou uma força-tarefa para desenvolver projetos com preocupação ambiental e providenciar uma base conceitual que beneficiasse primeiramente os membros da associação. A partir disso, o nível de interesse pelo assunto cresceu e apareceram outros termos como Ecodesign, mencionados em programas de gestão ambiental (BORCHARDT et al., 2008).

Seu conceito de DfE pode ser melhor definido (KHOR E UDIN, 2013; CHARTER e TISCHNER, 2001), como envolvendo a integração de ambas as perspectivas ecológicas e econômicas no desenvolvimento de produtos novos e funcionais. Outros termos que descrevem produtos que satisfaçam o interesse do meio ambiente são design verde (US OTA 1992), ecodesign (BREZET e VAN HEMEL, 1997), produtos ambientalmente conscientes ou produtos sustentáveis (MCALOONE, 2000). Ocorre quando empresas incorporam explicitamente as questões ambientais na sua concepção e fabricação do produto decisões (FIKSEL, 1996). Realização de DfE no processo de design de produto, o que pode melhorar o desempenho ambiental, é a maneira importante para resolver problemas de poluição ambiental na área de manufatura, e tornou-se a tendência de design de produto (ZHANG et al., 2011).

Kuo et al. (2001) relata que as metas de design de produto verde ou DfE são minimizar o uso de recursos não-renováveis, a gestão eficaz dos recursos renováveis e reduzir o volume de emissões tóxicas. Embora estes objetivos foram adaptados como medidas de ecodesign por Zhu e Sarkis (2007) e Eltayeb et al. (2010), que reduz a complexidade do desenho associados à recuperação de valor tem de ser levada em consideração. Assim, as vantagens da utilização do DfE traçadas por Fiksel (1997) podem ser: assegurar a desmontagem e a recuperação dos materiais e componentes com custo e esforço mínimos; materiais recicláveis que geram o mínimo possível de resíduos; facilitar o descarte dos componentes não recicláveis; reutilizar os componentes que podem ser recuperados; redução do consumo de energia em todas as etapas do processo de produção, distribuição, utilização, reciclagem e disposição final; e reduzir os riscos crônicos à saúde através de processos mais limpos. Além disso, os resíduos não são a única preocupação ambiental no processamento de materiais. A eficiência energética e uso de recursos são outros fatores que merecem ser consideradas (SEKUTOWSKI, 1991). A norma NBR 9896:1993 define lixo ou resíduo como material ou resto de material cujo proprietário ou produtor não mais considera com valor suficiente para conservação.

Segundo Barbieri (2007) no modelo de gestão baseado em DfE as questões ambientais são tratadas transversalmente a partir dos critérios orientadores comuns, isto significa incorporar as questões ambientais a estes critérios, o que não ocorre com outros modelos, onde não há garantias de que todos os critérios terão a mesma importância, tornando-os um modo limitado de incorporar o meio

ambiente aos projetos de produtos e processos. No DfE, as preocupações ambientais passam a integrar todos os critérios, deixando de ser um critério isolado competindo com os demais, por exemplo, o custo. O autor ainda afirma que as inovações do tipo que o DfE oferece exigem a participação de todos os segmentos da empresa, assim como de fornecedores e outros membros do canal de distribuição.

2.2 Lean Manufacturing

O conceito de sistemas de produção enxuta ou Lean Manufacturing concentra-se em estratégias de operações, processos, tecnologia, qualidade, capacidade, arranjo físico, cadeias de suprimento, estoque e planejamento de recursos. Sistemas de produção enxuta agrupam tudo isso criando processos eficientes (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004). Pode ser definido como um conjunto de práticas com foco na redução de resíduos e atividades sem valor agregado a partir de operações de fabricação de uma empresa (WOMACK et al., 1990; MCLACHLIN, 1997; SHAH e WARD, 2003; SHAH e WARD, 2007; LI et al., 2005; BROWNING e HEATH, 2009).

Ohno (1997) denominou essa forma de abordar a produção como Sistema Toyota de Produção (STP), estabelecendo como passo preliminar a identificação e eliminação dos desperdícios, ou seja, de todo o gasto ou despesa inútil que não gera valores. O conceito de desperdício (perdas) proposto por Ohno (1997) e Shingo (1996) trata da noção das sete perdas: perdas por superprodução, perdas por transporte, perdas no processamento, produção de produtos defeituosos, perdas nos estoques; perdas no movimento e as perdas por espera.

Segundo Rahani e Al-Ashraf (2012), o Lean Manufacturing é uma das principais iniciativas de fábricas da Ásia, principalmente na Malásia, a fim de se manterem competitivas em um mercado global. Visto que os estudo de Womack, Jones e Roos (2004) pelo MIT (Massachusetts Institute of Tecnology) contemplam também que é o maior impulso em direção à ampliação dos mercados na medida em que aumenta a eficiência do sistema produtivo, reduzindo os custos.

De acordo com os estudos de King e Lenox (2001) é proposto que o Lean seja complementar ao desempenho ambiental. Sua adoção pode diminuir o custo marginal de poluição, devido uma prática de prevenção na fonte. Isso vem de encontro com o estudo deste trabalho.

Partindo do pressuposto do Lean para a eliminação do desperdício, Hines e Taylor (2000) definem três diferentes tipos de atividades relacionadas ao desperdício quanto à sua organização: (1) Atividades que agregam valor; (2) Atividades desnecessárias que não agregam valor e (3) Atividades necessárias que não agregam valor. Assim, faz-se necessária uma estimativa de custo para cada atividade produtiva, para ter a certeza de que se está utilizando para cada processo as técnicas mais eficazes em matéria de custos

3. Metodologia da pesquisa

Inicialmente, para delinear o objeto de pesquisa, se faz necessário entender a razão para o contexto. Para Gil (2002), pesquisa é o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. Andrade (2003) define de uma forma mais detalhada e metodológica, sendo um conjunto de procedimentos sistemáticos, baseado no raciocínio lógico, que tem por objetivo encontrar soluções para problemas propostos mediante a utilização de métodos científicos.

Mediante aos objetivos de pesquisa, existem três grandes grupos de tipos de pesquisa, sendo: exploratória, descritiva e explicativa. Para este trabalho optou-se pela pesquisa exploratória, a fim de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2002).

Existem duas abordagens das mais utilizadas em gestão de operações, sendo qualitativa e quantitativa. Segundo Godoy, apud Teixeira Junior (2005) destaca que a abordagem qualitativa tem como ponto de partida questões ou interesses amplos e não definidos, tomando forma na medida em que o trabalho evolui. Os dados obtidos são descritivos e pouco estruturados. O mesmo autor para

abordagem quantitativa, relata que o pesquisador despende grande preocupação com a medição objetiva, assim como a obtenção de resultados passíveis de quantificação, além de buscar a precisão e a garantia de uma margem de segurança em relação às inferências estatísticas obtidas. Desta forma, a abordagem a seguir é a qualitativa.

O delineamento a ser seguido, mediante suas ideias de modelo, sinopse e plano, é a Pesquisa Bibliográfica, desenvolvida com base em material já elaborado, principalmente de livros e artigos, permitindo uma investigação coberta de uma gama de fenômenos muito mais amplos do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Utilizou-se de livros e artigos científicos, grande parte pesquisada na plataforma do site Science Direct sobre o tema. Posteriormente, com a série de material sobre o tema, com a leitura foi elaborado o fichamento de todos eles, possibilitando uma visão ampla sobre cada unidade pesquisada. Desta forma, construiu-se como as ferramentas do Lean podem ser complementares ao DfE com o objetivo da redução do impacto ambiental.

4. Desenvolvimento

Como uma organização utiliza práticas de Lean, espera-se reduzir resíduos de suas atividades de produção por meio de práticas de gestão ambiental (WOMACK et al., 1990). Em primeiro lugar, práticas de produção Lean e de gestão ambiental são distintos e ambos tem um impacto diferente sobre os resultados de desempenho do negócio (KLEINDORFER et al., 2005).

Muitos pesquisadores têm desenvolvido ferramentas para integração dos aspectos ambientais no desenvolvimento do produto e do processo (ANDREWS et al., 2001). Para Ammenberg e Sudin (2005), embora haja uma grande quantidade de ferramentas de DfE desenvolvidas pela academia e indústria, poucos foram os avanços significativos das mesmas. Na Tabela 1 são apresentados vinte e cinco ferramentas do DfE e seus conceitos mediante a literatura. Mediante seu conceito e aplicação, são voltadas para a concepção e desenvolvimento do produto e processo. Algumas são padrões ou conceitos, porém todas com o objetivo da obtenção de um produto ou processo ambientalmente melhor.

Tabela 1 – Ferramentas do DfE e suas respectivas definições mediante literatura. Fonte: criado pelo autor.

Ferramenta DfE	Definição	Pesquisa
BDI Design for Manufacture and Assembly 09	Prática de concepção de produtos com mentalidade de fabricação que podem ser projetados em menos tempo com o mínimo custo de desenvolvimento. Faz a transição mais rápida e suave em produção.	Boothroyd Dewhurst Inc. Bayoumi, 2000 Edwards, 2002 Boothroyd, 1994 Fiksel, 2009
Design for Environment Method	Diretriz de priorização qualitativa para produto sustentável em seu ciclo de vida.	MacDonald e Short, 2007 Hernandez et al., 2012 Lindahl, 2006 Ernzer et al., 2003 Zhang et al., 2007
DFE (Design for Environment)	Análise de desmontagem de produtos e possíveis lucros efetuadas através da reciclagem de otimização.	Vezzoli e Manzini, 2008
Eco-design online Pilot	Software de concepção ecológica para design de produto sustentável.	Wimmer et al., 2008 Ecodesign.at/pilot/ Wimmer e Züst, 2003
Eco-functional Matrix	Plataforma que estabelece uma comunicação para prioridades funcionais e impacto ambiental combinando os perfis funcionais e ambientais. Além disso, permite a visualização de correlações entre impactos ambientais e funcionalidade (benefícios ao cliente).	Lagerstedt, 2003 Jeswiet e Hauschild, 2005
Environmentally Responsible Product Assessment	Matriz 5x5 de avaliação do produto em seu ciclo de vida para responsabilidade ambiental.	Graedal, 1998 Greadel e Allenby, 1995 Hur et al., 2005 Lili et al., 2006
Envriz	Metodologia para engenheiros de design com uma ferramenta de design conceptual útil para ajudar a superar as contradições entre a melhoria da funcionalidade do produto e reduzir o impacto ambiental.	Fitzgerald et al., 2006

EuP eco-profiler	Ferramenta de apoio à eco-Inovação para empresas do setor do produto consumidor de energia e permite identificar, quantificar e comunicar o perfil ambiental dos seus produtos que consomem energia.	LiMaS Eco-innovation
GaBi 4.2	Software para suporte na verificação do ciclo de vida de um produto, seja ele de qualquer complexidade	PE International Rives et al., 2011 Iriarte et al., 2010
Granta Eco-Audit	Com dados ambientais, visa quantificar o impacto ecológico das fases de vida chave de um material, ajudando a identificar os custos ambientais mais significativos e, assim, chamar a atenção para as áreas que podem levar a maiores melhorias.	Ashby, 2009
IDC LCA Calculator	Software de análise de ciclo de vida, que ajuda os designers e engenheiros para entender, analisar e comparar os impactos ambientais de seus produtos para ajudar a tomar decisões "mais verde" do projeto.	Industrial Design Consultants Torrellas et al., 2013
IdeMAT	Software para a seleção de materiais de baixo impacto. Contém uma base de dados sobre as características físicas, mecânicas e ambientais de vários materiais. Dá a possibilidade de procura de materiais de acordo com as necessidades e características desejadas.	Faculty of Design, TU Delft Vogtländer et al., 2010 Brogaard et al., 2014 Vezzoli e Manzini, 2008
Information / Inspiration	Recurso ecodesign desenvolvido especificamente para apoiar designers que querem desenvolver produtos mais ambientalmente e socialmente responsáveis.	Lofthouse, 2006 Ecodesign.lboro.ac.uk Vallet et al., 2013 Bhamra e Lofthouse, 2007
LCA Light tool	Ferramenta para cálculos de impacto ambiental de forma rápidas e adequadas, a partir de materiais, energia e transportes.	ABB Corporate Research Whitehead et al., 2014
Lifecycle Design Strategy wheel	Diretriz estratégica buscando garantir que todos os níveis do ciclo de vida do produto tenham o menor impacto possível ao meio ambiente.	Brezet e van Hemel, 1997 Chou, 2014 Chulvi e Vidal, 2011
Material Energy Chemical Other	Matriz 4x4 para avaliação qualitativa do ciclo de vida do produto.	Wenzel, 1998 Hauschild et al., 1999
Material Energy Toxicity	É uma ferramenta de análise utilizada para avaliar vários impactos ambientais de um produto durante o seu ciclo de vida.	Brezet e van Hemel, 1997 van Berkel et. al., 1997
Pre Eco-it	Software que descreve sumariamente o ciclo de vida do produto e calcula o impacto total.	Product Ecology Consultancy Vezzoli e Manzini, 2008
RECREATION	Banco de dados incluindo todas as informações necessárias para reciclagem e sobre fornecedores de materiais reciclados.	Vezzoli e Manzini, 2008 Gupta e Veerakamolmal, 1996
RONDA (Recycling Orientated Database Analysis)	Fornece informações sobre produtos de acordo com a sua capacidade de reciclagem e oferece uma base de dados especial para esta análise para os produtores.	Vezzoli e Manzini, 2008
SimaPro 7.1	Software para ciclo de vida do produto. Dispõe de padronização, flexibilidade, modelagem e análise parametrizada com resultados interativo.	Product Ecology Consultancy Kalakul, 2014 Hajjaji et al., 2013 Giudice et al., 2006
SortED	Identifica rapidamente as implicações legais sobre o produto e explorar as opções disponíveis para eles. Criado para uso de designers, a ferramenta orienta a equipe de desenvolvimento através dos tipos de prguntas.	Lofthouse e Bhamra, 2005
Sustainability Design-Orienting toolkit	Ferramenta que orienta o projeto de produtos e serviços para uma soluções sustentáveis. Prioridades foram definidas nos diversos critérios de sustentabilidade, fornecendo listas de verificação adequados.	Vezzoli e Tishner, 2009 Vezzoli e Manzini, 2008
The Ten Golden Rules	Generalizado conjunto de diretrizes desenvolvidos para dar direção de design.	Luttropp e Lagerstedt, 2006
Tool for Environmentally Sound Product Innovation	Ferramenta on-line de apoio design de produto ambientalmente consciente, tendo em conta o ciclo de vida do produto, as necessidades dos clientes e produtos concorrentes.	Misceo et al., 2004 Russo et al., 2014

Estudo apresenta resultados positivos da aplicação do MFV para avaliação de desempenho econômico e sustentável, incluindo várias métricas em uma fábrica de antenas parabólicas de televisão. Este pode visualizar as áreas potenciais para melhoria contínua. Uma das revelações mais importantes para o

fabricante foi o elevado consumo de energia (60% do total) para o processo de lavagem. Além disso, 64 litros perdidos por prato também apontam oportunidade para melhorar a sustentabilidade ambiental da linha (FAULKNER e BADURDEEN, 2014). Faulkner e Badurdeen (2014) associam o Lean com operação sustentável, sendo práticas de Lean usadas e avaliadas como um catalisador para desenvolver melhores estratégias para operações sustentáveis. Mas, fabricação sustentável envolve não apenas a realização de produtos mais sustentáveis, mas também utilizando processos mais sustentáveis para a produção desses produtos (PUSAVEC et al., 2010).

Podemos observar que, não só o Mapeamento do Fluxo de Valor, mas outras ferramentas do Lean Manufacturing contribuem para o desenvolvimento sustentável, não apenas beneficiando uma Produção Mais Limpa, como também confirmando a relação do DfE com as principais ferramentas do Lean, como apresentado na Tabela 2. Também um breve conceito da ferramenta é considerado.

Tabela 2 - Principais ferramentas do Lean Manufacturing relacionado com o Design for Environment. Fonte: adaptado de ELIAS e MAGALHÃES (2003).

Kanban (considerado a principal ferramenta do JIT. São cartões visuais que auxiliam o planejamento da produção e o controle de estoques)	Redução na quantidade de produtos fabricados, diminuindo o volume de estoque, a obsolescência dos materiais, deterioração e a consequente geração de resíduos e sua disposição no meio ambiente.
Poka-yoke (dispositivo a prova de erros cujo objetivo é evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos)	Redução da fabricação de produtos defeituosos, diminuição do consumo de recursos como materiais e energia, redução do estoque, redução de produtos descartados no ambiente.
5 S (essa técnica permite desenvolver um planejamento sistemático permitindo, de imediato, maior produtividade, segurança, clima organizacional e motivação dos funcionários)	Maior visibilidade do processo produtivo e rápida identificação de desperdícios, eliminando os problemas antes que eles surjam, tais como: vazamentos e geração excessiva de resíduos, possibilitando o uso racional dos recursos.
Setup rápido (reduz o tempo de troca de ferramentas e paradas de máquinas na busca de melhoria da produtividade)	Redução na fabricação de produtos defeituosos, diminuição de estoque, com redução da possibilidade de deterioração, obsolescência dos materiais e descarte do produto no ambiente.
Manufatura Celular (baseia nos conceitos de Tecnologia de Grupo, por meio da formação de famílias de peças, que são aquelas que possuem características similares)	Projeto para facilitar o processo de fabricação (DfM); projeto para facilitar a montagem do produto (DfA); redução da movimentação dos materiais, diminuindo a possibilidade de estragos em seu manuseio e o consequente descarte. Diminuição da movimentação de materiais e do consequente consumo de energia.
Inspeção Autônoma (o trabalhador é capacitado para detectar os problemas antes que ocorram através da inspeção com manual padronizado)	Redução na fabricação de produtos defeituosos, com a consequente diminuição do consumo de recursos como materiais e energia.
Manutenção Produtiva Total (ou TPM, é um programa de manutenção de fábricas e equipamentos)	Diminuição das paradas de máquina para manutenção e, consequentemente, do consumo de materiais para o seu conserto e a consequente geração de resíduos. Melhor rendimento da máquina facilita a manutenção e aumenta a qualidade do produto final.

5. Conclusão

Pensando no processo de produção desde o início e acompanhando-o até a disposição final do produto, as ferramentas do Lean podem ser complementares as ferramentas utilizadas pelo DfE trazendo benefícios ambientais em busca de um produto e processo mais sustentável.

Utilizados simultaneamente, podem otimizar o processo produtivo, reduzindo o impacto ambiental utilizando menos recursos naturais, além de proporcionar à empresa a capacidade de estabelecer preços mais competitivos e gerar mais lucros, fortalece também a reputação desta, diante de um mercado onde os consumidores prezam cada vez mais pela qualidade não só do produto, mas pela qualidade do meio ambiente, que influi diretamente na sua qualidade de vida. As ferramentas do DfE são utilizadas na concepção do produto ou processo, enquanto posteriormente as ferramentas do Lean podem ser uteis no controle e redução do impacto ambiental.

O mercado exige hoje uma postura diferente das empresas com relação às questões ambientais, e isso, acarretará num futuro muito próximo uma espécie de "Seleção Natural" no setor industrial, onde somente os ambientalmente fortes prevalecerão.

6. Referências

Ammenberg, J.; Sudin, E. 2005. Products in environmental management systems: drivers, barriers and experiences. Journal of Cleaner production. 13, 405-415.

Andrade, M. 2003. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. 6.ed. São Paulo: Atlas.

Andrews, R. N. L.; Darnall, N.; Rigling Gallagher, D.; Terill Keiner, S.; Feldman, E.; Mitchell, M.; et al. 2001. Environmental management systems: history, theory, and implementation research. In: Coglianese C, Nash J, editors. Regulation from the inside: can environmental management systems achieve policy goals? Washington, DC: Resources for the Future Press.

Ashby, M., 2009. Materials and the Environment e Eco-Informed Material Choice. Elsevier.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1993. NBR 9896:1993: Glossário de poluição das águas. Rio de Janeiro: ABNT.

Barbieri, J. C. 2007. Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. 2ed. Atual e ampliada. São Paulo: Saraiva.

Bayoumi, A. M. E. 2000. Design for Manufacture and Assembly (DFMA): concepts, benefits and applications. Current Advances in Mechanical Design and Production. Seventh Cairo University International MDP Conference, Cairo.

Bhamra, T.; Lofthouse, V. 2007. Design for Sustainability: a practical approach. Grower House, England.

Boothroyd, G. 1994. Product design for manufacture and assembly. Computer-Aided Design. 7, 505-520.

Borchardt, M.; Wendt, M. H.; Sellito, M. A.; Pereira, G. M. 2012. Avaliação da presença de práticas do Design for Environment (DfE) no desenvolvimento de produto de uma empresa da indústria química. Produção. 22, 58-69.

Brezet, H.; Van Hemel, C. 1997. Ecodesign - A promising approach to sustainable production and consumption. UNEP, Paris.

Brogaard, L. K.; Damgaard, A.; Jensen, M. B.; Barlaz, M.; Christensen, T. H. 2014. Evaluation of life cycle inventory data for recycling systems. Resources, Conservation and Recycling. 87, 30-45.

Browning, T. R.; Heath, R. D. 2009. Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program. Journal of Operations Management. 27, 23–44.

Charter M., Tischner U. 2001. Sustainable solutions. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing.

Chou, C. R. 2014. An ARIZ-based life cycle engineering model for eco-design. Journal of Cleaner Production. 66, 210-223.

Chulvi, V.; Vidal, R. 2011. Usefulness of evolution lines in eco-design. Procedia Engineering. 9, 135-144.

Ecodesign online pilot http://www.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ENGLISH/?lang=en acessado em Janeiro/2015.

Edwards, K. L. 2002. Towards more strategic product design for manufacture and assembly: priorities for concurrent engineering. Materials and Design. 23, 651-656.

Elias, S. J. B.; Magalhães, L. C. 2003. Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais Limpa XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil http://www.producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/viewArticle/577 acessado em Abril/2014.

Eltayeb, T. K.; Zailani, S.; Ramayah, T. 2010. Green supply chain initiatives among certified companies in

Malaysia and environmental sustainability: investigating the out-comes. Resour Conser Recy. 55, 495–506.

Ernzer, M.; Lindahl, M.; Masui, K.; Sakao, T. 2003. An International Study on Utilization of Design for Environment Methods (DfE): a pré-study. Proceedings of EcoDesign: Third lnternational Symposium on

Environmentally Conscious Design and Inverse Manutacturing, Tokyo.

Faulkner, W.; Badurdeen, F. 2014. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to Visualize and Assess Manufacturing Sustainability Performance. Journal of Cleaner Production. 85, 8-18.

Fiksel, J. 1996. Design for environment: Creating eco-efficient products and processes. New York: McGraw-Hill.

Fiksel, J. 1997. Ingeniería de diseño medioambiental. DEF: desarrollo integral de productos y processos ecoeficientes. Madrid: McGrawHill Book.

Fiksel, J. 2009. Design for Environment: A Guide to Sustainable Product Development. 2ed. New York: Mc Graw Hill.

Fitzgerald, D. P.; Herrmann, J. W.; Schmidt, L. C. 2006. Improving environmental design using TRIZ inventive principles. In: Proceedings of the 16th CIRP International Design Seminar, July 16-19.

Gil, A. C. 2002. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ed. São Paulo: Atlas.

Giudice, F.; La Rosa, G.; Risitano, A. 2006. Product Design for the Environment: a life cycle approach. CRC Press: Flórida.

Graedal, T. 1998. Streamlined Life-Cycle Assessment. Prectice Hall Inc, New Jersey.

Greadel, T. E.; Allenby, B. R. 1995. Industrial Ecology. Prentice-Hall: New Jersey.

Gupta, S. M.; Veerakamolmal, P. 1996. Disassembly of products. Northeastern University, Boston.

Hajjaji, N.; Pons, M. N.; Renaudin, V.; Houas, A. 2013. Comparative life cycle assessment of eight alternatives for hydrogen production from renewable and fossil feedstock. Journal of Cleaner Production. 44, 177-189.

Hauschild, M.; Wenzel, H.; Alting, L. 1999. Life Cycle Design - a Route to the Sustainable Industrial Culture. Annals of the CIRP. 48, 393-396.

Hernandez, N. V.; Kremer, G. O.; Schmidt, L. C.; Acosta Herrera, P. R. 2012. Development of an expert system to aid engineers in the selection of design for environment methods and tools. Expert Systems with Applications. 39, 9543–9553.

Hines, P.; Taylor, D. 2000. Guia para Implementação da Manufatura Enxuta - Lean Manufacturing. São Paulo: IMAN.

Hur, T.; Lee, J.; Ryu, J.; Kwon, E. 2005. Simplified LCA and matrix methods in identifying the environmental aspects of a product system. Journal of Environmental Management. 75, 229-237.

Information / Inspiration: Ecodesign resource http://ecodesign.lboro.ac.uk/ acessado em Dezembro/2014.

Iriarte, A.; Rieradevall, J.; Gabarrell, X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production. 18, 336-345.

Jeswiet, J.; Hauschild, M. 2005. EcoDesign and future environmental impacts. Materials and Design. 26, 629-634.

Kakakul, S.; Malakul, P.; Siemanond, K.; Gani, R. 2014. Integration of life cycle assessment software with tools for economic and sustainability analyses and process simulation for sustainable process design. Journal of Cleaner Production. 71, 98-109.

Khor, K. S.; Udin, Z. M. 2013. Reverse Logistics in Malaysia: Investigating the effect of Green product design and resource commitment. Resources, Conservation and Recycling. 81, 71-80.

King, A. A.; Lenox, M. J. 2001. Lean and Green? An Empirical Examination of the Relationship Between Lean Production and Environmental Performance. Production and Operations Management. 10.

Kleindorfer, P. R.; Singhal, K.; Van Wassenhove, L. N. 2005. Sustainable operations management. Production and Operations Management. 14, 482–492.

Kuo, T. C.; Huang, S. H.; Zhang, H. C. 2001. Design for manufacture and design for 'X': concepts, application and perspectives. Comput Ind Eng. 41, 241–60.

Lagerstedt, J. 2003. Functional and Environmental Factors in Early Phases of Product Development e Eco Functional Matrix. KTH, Machine Design, Stockholm.

Li, S.; Rao, S. S.; Ragu-Nathan, T. S.; Ragu-Nathan, B. 2005. Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. Journal of Operations Management. 23, 618–641.

Lili, Y.; Shaojie, Z.; Ge, G. 2006. Environmentally Responsible Product Assessments for the Automobiles Made in China. Canadian Social Science. 2, 60-66.

Lindahl, M. 2006. Engineering designers' experience of design for environment methods and tools e Requirement definitions from an interview study. Journal of Cleaner Production. 5, 487-496.

Lofthouse, V. A. 2006. Ecodesign tools for designers: defining the requirements. Journal of Cleaner Production. 14, 1386-1395.

Lofthouse, V. A.; Bhamra, T. A. 2005. A new design methodology for manufacturers of electrical and electronic equipment. 4th International Conference on Design and Manufacture for Sustainable Development, Newcastle, 12-13 July.

Luttropp, C.; Lagerstedt, J. 2006. EcoDesign and the ten golden rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. Journal of Cleaner Production. 14, 1396-1408.

MacDonald, C. S.; Short, T. D. 2007. A team based design for the environment method. In: International Conference on Design and Manufacture for Sustainable Development.

McAloone, T. 2000. Industrial applications of environmentally conscious design. Engineering Research Series 1. McGraw-Hill, London.

McLachlin, R. 1997. Management initiatives and just-in-time manufacturing. Journal of Operations Management. 15, 271–292.

Miles, M. P; Covin, J. G. 2000. Environmental Marketing: A Source of Reputational Competitive, and Financial Advantage. Journal of Business Ethics. 23, 299-311.

Misceo, M.; Bounamici, R.; Buttol, P.; Naldesi, L.; Grimaldi, F.; Rinaldi, C. 2004. TESPI (Tool for Environmental Sound Product Innovation): a simplified software tool to support environmentally conscious design in SMEs. Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 186-192.

Ohno, T. 1997. O Sistema Toyota de produção. Porto Alegre: Artes Médicas.

Pusavec, F.; Krajnik, P.; Kopac, J. 2010. Transitioning to Sustainable Production-Part I: Application on Machining Technologies. Journal of Cleaner Production. v. 18, p. 174-184.

Rahani, A. R.; Al-Ashraf, M. 2012. Production Flow Analysis Through Value Stream Mapping: a Lean Manufacturing Process Case Study. Procedia Engineering. 41, 1727-1734.

Ritzman, L. P.; Krajewski, L. J. 2004. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

Rives, J.; Fernandez-Rodriguez, I.; Rieradevall, L.; Gabarrell, X. 2011. Environmental analysis of the production of natural cork stoppers in southern Europe (Catalonia e Spain). Journal of Cleaner Production. 19, 259-271.

Russo, D.; Rizzi, C.; Montelisciani, G. 2014. Inventive guidelines for a TRIZ-based eco-design matrix. Journal of Cleaner Production. 76, 95-105.

Sekutowski, J. 1991. Design for Environment. Material Matters. New Jersey.

Shah, R.; Ward, P. T. 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. Journal of Operations Management. 21, 129–149.

Shah, R.; Ward, P. T. 2007. Defining and developing measures of lean production. Journal of Operations Management. 25, 785–805.

Shingo, S. 1996. O Sistema Toyota de produção. Porto Alegre: Artes Médicas.

Teixeira Junior, R. F. 2005. Sistema de apoio à decisão para programação da produção em fundições de mercado. 2005. 373 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Torrellas, M.; Antón, A.; Montero, J. I. 2013. An environmental impact calculator for greenhouse production systems. Journal of Environmental Management. 118, 186-195.

US OTA. 1992. Green products by design - Choices for a cleaner environment. US Office of Technology Assessment, Washington D.C.

Van Berkel, R.; Willems, E.; Lafleur, M. Development of an industrial ecology toolbox for the introduction of industrial ecology in enterprises-l. Journal of Cleaner Production. 5, 11-25.

Vallet, F. Eynard, B.; Millet, D.; Mahut, S. G.; Tyl, B.; Bertoluci, G. 2013. Using eco-design tools: An overview of experts practices. Design Studies. 34, 345-377.

Vezzoli, C.; Manzini, E. 2008. Design for Environmental Sustainability. Springer: Milan.

Vezzoli, C.; Tishner, U. 2009. Last update, SDO e Sustainability Design-Orienting Toolkit. Available: www.sdo-lens.polimi.it/.

Vogtländer, J.; van der Lugt, P.; Brezet, H. 2010. The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use. JOurnal of Cleaner Production. 18, 1260-1269.

Wenzel, H. 1998. Application dependency of lca methodology: key variables and their mode of influencing the method. The International Journal of Life Cycle Assessment. 3, 281-288.

Whitehead, B.; Andrews, D.; Shah, A.; Maidment, G. 2014. Assessing the environmental impact of data centres part 2: Building environmental assessment methods and life cycle assessment. Building and Environment. 1-11.

Wimmer, W.; Ostad-Ahmad-Ghorabi, H.; Pamminger, R.; Huber, M. 2008. Product innovation through ecodesign. International Journal of Sustainable Design. 1, 75-92.

Wimmer, W.; Züst, R. 2003. Ecodesign Pilot: Product Investigation, Learning and Optimization Tool for Sustainable Product Development, with CD-ROM. Kluwe, New York.

Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. 1990. The machine that changed the world. Macmillan, New York.

Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D. 2004. A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Tecnology sobre o futuro do automóvel. Rio de Janeiro: Elsevier.

Zhang, L.; Wang, S. W.; Liu, G. F.; Liu, Z. F.; Huang, H. H. 2007. Research on Design for Environment Method in Mass Customization. Proceedings of the 14th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering. 65-70.

Zhang, L.; Zhan, Y.; Liu, Z. F.; Zhang, H. C.; Li, B. B. 2011. Development and analysis of design for environment oriented design parameters. Journal of Cleaner Production. 19, 1723-1733.

Zhu, Q.; Sarkis, J. 2007. The moderating effects of institutional pressures on emergent green supply chain practices and performance. Int J Prod Res. 45, 4333–55.