

A utilização das ferramentas Lean Manufacturing como complemento ao Design for Environment para redução do impacto ambiental

PINTO JUNIOR, M. J. A.

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

Programa de Mestrado em Engenharia de Produção

marcos_alvesjr@yahoo.com.br

Academic Work

1. Introdução



**Desempenho
Financeiro**

**Desempenho
Mercadológico**

1. Introdução



2. Revisão da Literatura

2.1 Design for Environment - DfE

O *DfE* (*Projeto para o Meio Ambiente*) surgiu em 1992, exatamente em resposta às preocupações de algumas empresas da indústria eletrônica em incorporar as questões ambientais em seus produtos, tendo à frente um grupo de trabalho formado pela *American Electronics Association*.

(FIKSEL, 1997)



2. Revisão da Literatura

2.1 Design for Environment - DfE

Objetivos do DfE:
(FIKSEL, 2009)

Proteção ambiental

Saúde e segurança humana

Sustentabilidade dos Recursos Naturais



2. Revisão da Literatura

2.1 Design for Environment - DfE

- Eco-design online Pilot
- EnvriZ
- IDC LCA Calculator
- Information / Inspiration
- LCA Light tool
- Sustainability Design-Orienting toolkit
- Tool for Environmentally Sound Product Innovation



- Design for Environment Method
- Eco-functional Matrix
- Environmentally Responsible Product Assessment
- Lifecycle Design Strategy wheel
- Material Energy Chemical Other
- Material Energy Toxicity
- The Ten Golden Rules



- EuP eco-profiler
- GaBi 4.2
- Granta Eco-Audit
- IdeMAT
- Pre Eco-it
- RECREATION
- RONDA (Recycling Orientated Database Analysis)
- SimaPro 7.1
- SortED
- BDI Design for Manufacture and Assembly 09
- DFE (Design for Environment)



2. Revisão da Literatura

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)



2. Revisão da Literatura

2.2 Lean Manufacturing

De acordo com os estudos de King e Lenox (2001),...

...é proposto que o LM é complementar ao desempenho ambiental. Sua adoção pode diminuir o custo marginal de poluição, devido uma prática de prevenção na fonte.



3. Metodologia da pesquisa

Tipo de Pesquisa

- Pesquisa Exploratória

Abordagem

- Qualitativa

Delineamento

- Pesquisa Bibliográfica

Pesquisa Bibliográfica

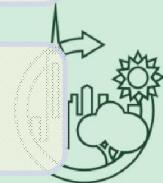
- 1º - Pesquisas em sites científicos (artigos) / livros

Pesquisa Bibliográfica

- 2º - Fichamentos

Pesquisa Bibliográfica

- 3º- Entender relação / Relatório final



4. Desenvolvimento

Principais ferramentas do Lean Manufacturing relacionado com o Design for Environment.

Fonte: adaptado de ELIAS e MAGALHÃES (2003).

Ferramenta Lean	Contribuição para o DfE
<i>Kanban</i> (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.
<i>Poka-yoke</i> (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.
<i>5 S</i> (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.

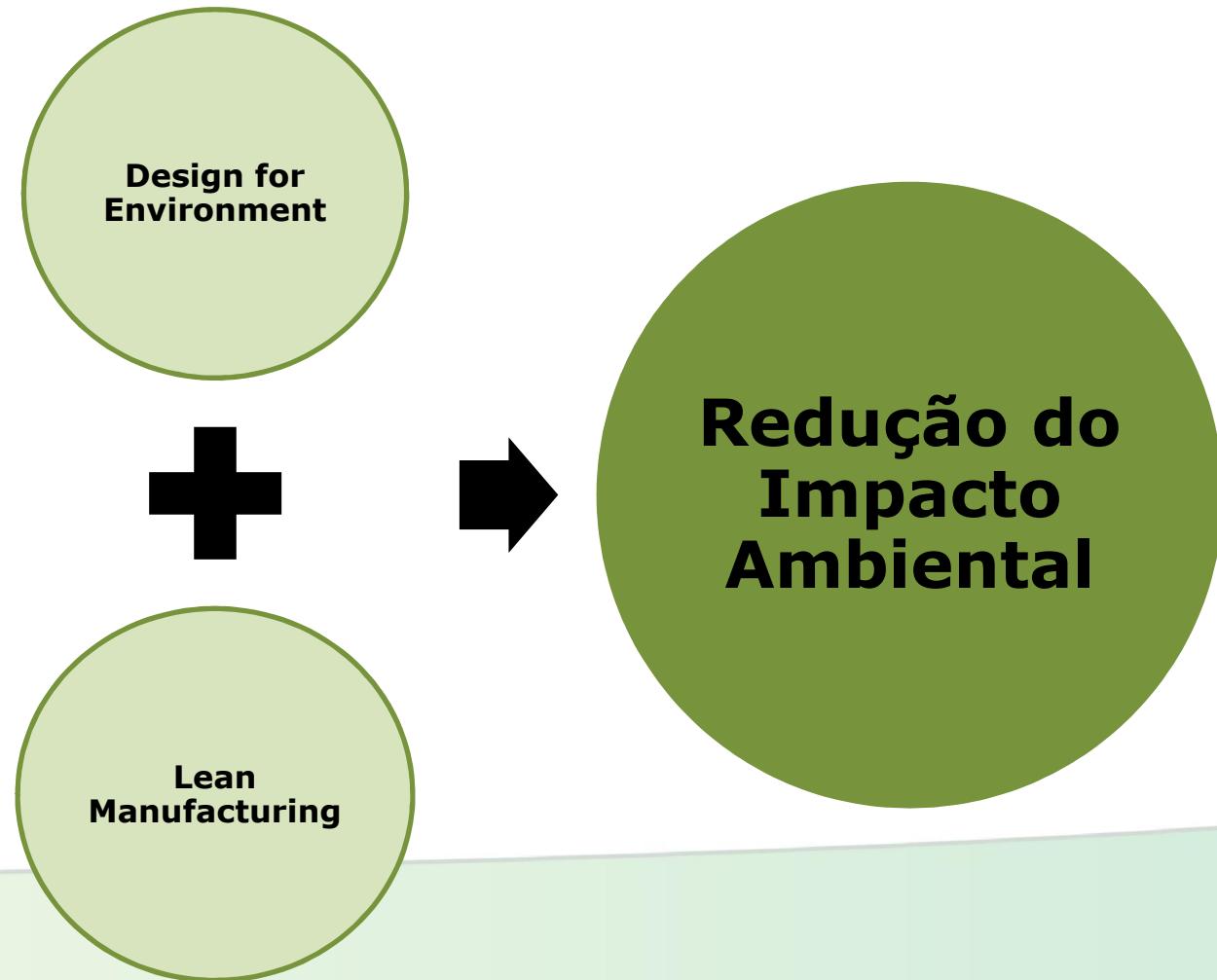


4. Desenvolvimento

Ferramenta Lean	Contribuição para o DfE
<p><i>Setup</i> rápido (reduz o tempo de troca de ferramentas e paradas de máquinas na busca de melhoria da produtividade)</p>	<p>Redução na fabricação de produtos defeituosos, diminuição de estoque, com redução da possibilidade de deterioração, obsolescência dos materiais e descarte do produto no ambiente.</p>
<p>Manufatura Celular (baseia nos conceitos de Tecnologia de Grupo, por meio da formação de famílias de peças, que são aquelas que possuem características similares)</p>	<p>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.</p>
<p>Inspeção Autônoma (o trabalhador é capacitado para detectar os problemas antes que ocorram através da inspeção com manual padronizado)</p>	<p>Redução na fabricação de produtos defeituosos, com a consequente diminuição do consumo de recursos como materiais e energia.</p>
<p>Manutenção Produtiva Total (ou TPM, é um programa de manutenção de fábricas e equipamentos)</p>	<p>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.</p>



5. Conclusão



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.



6. Referências

- 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 International 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.



6. Referências

- 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.



6. Referências

- 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.



6. Referências

- 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.



6. Referências

- 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.



6. Referências

- 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.
- Torrella, 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-I. *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 Lught, 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.



6. Referências

- 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.



Obrigado a todos pela atenção!

Agradecimentos:



Prof. Dra. Juliana Veiga Mendes
Orientadora

Prof. Dr. Rodolfo Florence Teixeira Junior
Co-orientador

Academic Work

