

APLICAÇÃO DE PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ENXUTO EM EMPRESAS BRASILEIRAS

Larissa Maria Prisco Pinheiro (larissaguiga@yahoo.com.br) - Universidade Federal de São

Carlos

José Carlos de Toledo (toledo@dep.ufscar.br) - Universidade Federal de São Carlos

Resumo

De acordo com a literatura, os princípios enxutos não devem somente ser aplicados na manufatura mas, também, se estender para outros processos administrativos, como o desenvolvimento de produto, o qual possui grandes oportunidades para a aplicação desses princípios. É importante que o produto seja desenvolvido com base nos princípios enxutos, para que possíveis desperdícios provenientes do processo de desenvolvimento de produto sejam evitados no momento da manufatura.

O desenvolvimento de produto enxuto consiste em tentar aplicar no processo de desenvolvimento de produto tanto os princípios enxutos aprendidos em Lean Manufacturing quanto as práticas enxutas desenvolvidas para o processo de desenvolvimento de produtos.

Este trabalho apresenta uma análise estatística de Cluster, cujos dados foram obtidos por meio de um survey realizado em 47 empresas brasileiras. Os clusters foram formados de acordo com a aplicação, pelas empresas, das práticas e princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos das mesmas. Os resultados mostram a formação de 6 clusters. A análise dos resultados evidencia que a maioria das empresas consegue transferir os princípios enxutos aprendidos com o Lean Manufacturing para o processo de desenvolvimento de produtos, mas ainda não consegue aplicar as práticas enxutas de desenvolvimento de produtos. Ainda, temos que 15% das empresas não aplicam as práticas enxutas no desenvolvimento de produtos e nem estendem os princípios aprendidos com o Lean Manufacturing para o mesmo.

Palavras-chave: Desenvolvimento de Produto Enxuto, ESBC, Princípios Enxutos, Práticas Enxutas

Área: Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos

1. INTRODUÇÃO

Os princípios da produção enxuta, ou *Lean Manufacturing*, foram desenvolvidos na década de 1960 pela Toyota como um desenvolvimento da produção integrada, com filosofia comum e um quadro de compreensão baseados no conceito de gestão das fábricas da Toyota (LIKER, 2004). A filosofia foi posteriormente cristalizada em cinco princípios enxutos: valor, fluxo de valor, fluxo, produção puxada e perfeição.

Womack e Jones (1996) ampliaram o escopo de compreensão dos princípios enxutos, enfatizando que o mesmo se aplica a toda a empresa. Mais tarde, o termo foi estendido para o processo de desenvolvimento de produtos (PDP). Uma pesquisa comparativa realizada por Morgan (2002) na indústria automobilística sugere que o desempenho no desenvolvimento de produtos pode ser beneficiado pelas mesmas ferramentas e métodos enxutos que dirigiram o renascimento da manufatura norte-americana.

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

Com base na literatura, que apresenta argumentos de que os princípios *lean* não devem apenas ser aplicados na manufatura mas, sim, em todas as áreas da organização, dentre elas o processo de desenvolvimento de produto, cujos resultados impactam diretamente no processo produtivo e no desempenho do produto e do processo, surge a preocupação em saber se e como as organizações brasileiras, com estratégias consolidadas de *Lean Manufacturing* (LM), estão considerando essa possibilidade (MORGAN, 2002).

O objetivo deste trabalho é conhecer como (ou seja, com a utilização de quais práticas, conceitos e ferramentas) as empresas brasileiras que adotam o LM há pelo menos 5 anos, ou seja, que possuem os princípios enxutos mais consolidado na manufatura, estão implantando esses princípios e práticas no PDP. Ainda, este trabalho objetiva agrupar essas empresas de acordo com os princípios e práticas que estão sendo adotados na implantação do desenvolvimento de produto enxuto.

3. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ENXUTO

Reinertsen (2005) afirma que o desenvolvimento de produto enxuto tenta aplicar os princípios aprendidos em *Lean Manufacturing* na área de desenvolvimento de produto (DP) e que estes são utilizados para criar um fluxo no DP que irá torná-lo mais ágil. A possibilidade de colocar um novo produto mais rápido no mercado irá aumentar a capacidade de reatividade da empresa.

Ferramentas adaptadas do *Lean Manufacturing* como, por exemplo, Kaizen, 5S, mapeamento de processos, ferramentas da qualidade, etc, podem ser utilizadas desde que

sejam adaptadas para o PDP (por exemplo, 5S seria focar mais na eliminação de informações indesejadas do que na limpeza do ambiente de produção) (WOMACK e JONES, 1996). Em adição, ferramentas que auxiliam a visualização de um projeto e a comunicação dentro da equipe do projeto podem ser utilizadas para ajudar os membros da equipe a saberem quais são os seus papéis. São exemplos dessas ferramentas: uma sala dedicada para cada projeto, um projeto gráfico (visual) no início do projeto e listas de tarefas do que precisa ser feito e priorizado (LIKER e MORGAN, 2006, REINERTSEN, 2005).

A estratégia por trás do desenvolvimento de produto enxuto é uma forte capacidade de reatividade às demandas do mercado e de posicionamento da empresa como líder da qualidade (LIKER e MORGAN, 2006, REINERTSEN, 2005).

Algumas práticas utilizadas para alcançar os objetivos do desenvolvimento de produto enxuto são: engenharia simultânea baseada em conjuntos de possíveis soluções (ESBC), envolvimento dos fornecedores e dos clientes, gestão visual, trabalho em grupo e times multi funcionais (KARLSSON e ÅLHSTRÖM, 1996). Padronizar o processo de DP, reduzir o tamanho de lotes transmitidos a partir de um estágio para outro e eleger um líder de projeto forte, que represente o cliente e seja capaz de cristalizar sua capacidade, são fatores que tornam o fluxo do processo mais rápido (KRISTOFERSSON e LINDEBERG, 2006).

Cusumano e Nobeoka (1998) afirmam que o foco do desenvolvimento de produto enxuto é a gestão integrada de múltiplos projetos, com a maximização do número de modelos de novos produtos, por cada projeto plataforma, e a intensa reutilização de componentes e tecnologias entre projetos, visando economia de escala e de escopo.

O que distingue o desenvolvimento de produto enxuto, também, é a ênfase na exploração de múltiplas alternativas de projeto nas fases iniciais, retardando o congelamento do conceito e da solução eliminando as alternativas avaliadas como inferiores, na medida em que o nível de detalhamento avança até que reste apenas a solução final, aumentando a probabilidade de que esta solução seja melhor, quando comparada com a prática usual de fazer iterações sobre a mesma alternativa (previamente definida) até que os requisitos de projeto sejam atendidos. Essa prática é denominada de *Set Based Concurrent Engineering* - Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de Possíveis Soluções, ou ESBC (WARD et al., 1995; SOBEK et al., 1999).

3.1 Princípios enxutos no ambiente de desenvolvimento de produto

Mascitelli (2004) apresenta o desenvolvimento de produto enxuto com o objetivo principal de alcançar uma integração entre as atividades de desenvolvimento de produto e processo de fabricação, ou seja, um tipo de co-desenvolvimento. Salienta, ainda, a necessidade de que o

novo produto deve procurar preferencialmente usar materiais do inventário atual da fábrica, mesma base de fornecedores, poucos componentes e/ou montagens, fluxo de processo semelhante aos existentes e que permita pequenos lotes, tolerâncias conforme as capacidades atuais de processo e que seja fácil de testar. O autor apresenta cinco princípios para o desenvolvimento enxuto de produtos:

- Princípio 1: Defina precisamente o problema do cliente e identifique a função específica que deve ser executada para resolver o problema;
- Princípio 2: Identifique o processo mais rápido pelo qual as funções identificadas possam ser integradas em um produto de baixo custo e alta qualidade;
- Princípio 3: Retire qualquer item de desperdício e custo redundante ou desnecessário, para revelar uma solução ótima de produto;
- Princípio 4: Ouça a voz do cliente frequentemente e interativamente durante todo o processo de desenvolvimento;
- Princípio 5: Introduza métodos e ferramentas de redução de custo tanto em suas práticas de negócios quanto em sua cultura, para permitir que a redução de custo seja contínua.

3.2 Práticas enxutas do desenvolvimento de produto

Dal Forno et al. (2008) apresentam uma compilação das práticas enxutas do desenvolvimento de produtos mencionadas na literatura. Na sequência, algumas dessas práticas serão definidas.

- Mapeamento do Fluxo de Valor: visa desenvolver um retrato do estado atual para visualizar alguns desperdícios e calcular o *lead time*. Após, no mapa do estado futuro e no plano de ação, as melhorias são planejadas;
- Gestão visual: a gestão visual, seja de forma eletrônica ou física, atenta para a padronização, de modo a facilitar um entendimento comum da equipe, torna os problemas visíveis e mostra o escopo do projeto com indicadores de qualidade, tempo e custo. Um quadro visual com o cronograma das datas e fases dos projetos em andamento auxilia a visualização do cumprimento dos prazos e a tomada de medidas preventivas em tempo, conforme a frequência de conferência do desempenho do projeto (LOCHER, 2008);
- ESBC: na engenharia simultânea baseada em conjuntos de alternativas, toda a equipe do desenvolvimento estabelece e desenvolve um conjunto de alternativas paralelas e independentes ao longo das fases do PDP e, ao final, a melhor alternativa gerada é testada no intuito de fazer certo da primeira vez (Schäfer e Sorensen, 2010; Madhavaram e Appan, 2010).

Desta forma, deve-se garantir que a informação e o conhecimento fluam de maneira cadenciada (*takt time*), contínua (sem esperas e sem retornos) e puxada (de acordo com a demanda real da próxima etapa) durante todo o desenvolvimento (McMANUS, 2005). A informação deve estar disponível no momento e lugar certo e na quantidade adequada. Também, é essencial a aplicação da engenharia simultânea baseada em conjuntos de possíveis soluções. De acordo com Kennedy (2003), a ESBC explora simultaneamente várias possibilidades de solução para o projeto, articuladas para os diferentes subsistemas e, gradualmente, elimina as mais fracas até convergir para a solução final, retardando a decisão até que o nível de maturidade do projeto permita tomá-la com o menor risco possível. Dessa forma, é mais provável que a solução final seja realmente a melhor para o projeto, dentre as consideradas. O autor também afirma que o processo de desenvolvimento da Toyota inicia com a declaração de metas, e que as especificações do produto são o resultado do processo e não o seu ponto de partida.

4. MÉTODO DE PESQUISA

O *survey* busca examinar padrões e relacionamentos entre um conjunto limitado de variáveis a fim de compreender a relevância de um fenômeno e como ele se configura no âmbito de uma população ou amostragem. Assim, o foco de interesse é se, como e porque o fenômeno está acontecendo, não sendo possível controlar as variáveis dependentes e independentes (FORZA, 2002).

A análise estatística de *Cluster* pode ser considerada um método de redução de dados. O objetivo, na maioria dos estudos que utilizam esta técnica, é identificar um número pequeno de agrupamentos, que possuam aspectos semelhantes entre si, dentre um todo. O propósito da análise de *Cluster* é buscar uma classificação de acordo com as relações naturais que a amostra apresenta, formando grupos de objetos (neste caso, grupos de empresas) por similaridade. Os agrupamentos (ou *clusters*) resultantes devem possuir uma elevada homogeneidade interna (dentro dos grupos) e uma elevada heterogeneidade externa (entre os grupos).

O critério para a aplicação do método de *Cluster* baseou-se na possibilidade de identificar possíveis padrões entre as empresas analisadas quanto às respostas das 12 questões aplicadas no questionário. (EVERITT et al., 2001). O modo Q de análise, onde o objetivo é o agrupamento entre os objetos de estudo (empresas), foi empregado no presente estudo.

Quanto ao método de agrupamento utilizado, selecionou-se o tipo aglomerativo hierárquico, onde são gerados dendogramas a partir do conjunto de variáveis analisado, respeitando-se a hierarquia de similaridade entre os grupos resultantes (JOBSON, 1992). A

medida de similaridade selecionada foi a distância Euclidiana, que é calculada a partir da hipotenusa de um triângulo retângulo formado pelos valores de duas ou mais variáveis dispostas em um plano ortogonal, sendo uma métrica comumente utilizada em estudos com múltiplas variáveis pelo fato de ser perfeitamente métrica.

A associação entre os objetos e grupos de estudo foi estimada pelo algoritmo das médias ponderadas (*Weigthed Clustering*), onde a associação entre os objetos é calculada pela soma das similaridades ponderadas, ou seja, atribui-se peso igual aos ramos dos dendogramas que se fundem por meio da multiplicação de dois coeficientes, um de cada objeto de estudo (neste caso, um de cada empresa), que são ponderados pela soma destes objetos (HAIR et al., 2006). O software utilizado foi o XLSTATS Versão 7.5.2.

As unidades de análise deste trabalho são empresas brasileiras que atendem a dois critérios: possuir o *Lean Manufacturing* implantado ou em fase de implantação há pelo menos cinco anos e, também, atividades de desenvolvimento de produto na planta analisada. Inicialmente, foi realizado um teste de validação do questionário de pesquisa, presencialmente, em quatro empresas, sendo uma do mercado de bens de consumo, uma do mercado químico, uma do mercado aeronáutico e uma do mercado automotivo. A partir disso, o questionário sofreu algumas alterações antes de ser enviado à todas as unidades de análise, a fim de preencher lacunas existentes e melhorar o entendimento e facilidade de preenchimento por parte dos respondentes.

A escolha por unidades de análise que possuem o *Lean Manufacturing* deu-se pelo fato de que estas já devem ser detentoras dos conceitos enxutos e, por este fato, podem estar buscando aplicar tais conceitos em outras áreas da organização, como o processo de desenvolvimento de produto. Além disso, se a empresa possui um nível de desempenho evoluído em *Lean Manufacturing*, é de se esperar que ela busque aplicar tais conceitos no desenvolvimento de produto, a qual é uma área que antecede a produção e, por isso, a empresa poderá melhorar ainda mais o desempenho da produção caso possua, também, os conceitos enxutos implantados no DP.

As empresas que atenderam os dois critérios foram selecionadas para fazerem parte da pesquisa, o que resultou em um total de 73 empresas, sendo que 64,4% dessas empresas, ou seja, 47 empresas, retornaram o questionário completamente respondido formando, assim, a amostra utilizada para o tratamento dos dados e análises estatísticas. A tabela 1 apresenta os mercados de atuação das empresas constituintes da amostra.

As variáveis utilizadas para elaborar as 12 questões contidas no questionário, e que foram utilizadas na análise dos resultados, foram determinadas a partir da literatura sobre os princípios e práticas do desenvolvimento de produto enxuto. Com isso, a análise dos

resultados obtidos a partir dessas variáveis permite que os resultados sejam avaliados em termos dos princípios e práticas de desenvolvimento de produto enxuto utilizados pelas empresas analisadas.

Tabela 1 – Mercado de atuação das empresas utilizadas nas análises dos resultados

Mercado de atuação	Quantidade de empresas
Automotivo	12
Bens de consumo	9
Metalúrgico	7
Químico	7
Alimentício	6
Higiene e Saúde	3
Siderúrgico	2
Aeronáutico	1
Total	47

Fonte: Elaborada pelos autores

As variáveis utilizadas na elaboração das questões são divididas em dois grupos: o grupo dos princípios e o grupo das práticas de desenvolvimento de produtos enxutos.

No grupo dos princípios de desenvolvimento de produtos enxutos temos as seguintes variáveis:

- Aplicação dos conceitos enxutos no PDP;
- Existência de equipes de projeto dedicadas;
- Existência de um líder de projeto/engenheiro chefe com grande experiência na área de projeto;
- Desenvolvimento das capacidades técnicas dos engenheiros de desenvolvimento;
- Envolvimento da alta administração em todas as etapas do PDP;
- Reutilização do conhecimento;
- Integração entre as áreas de PDP e manufatura.

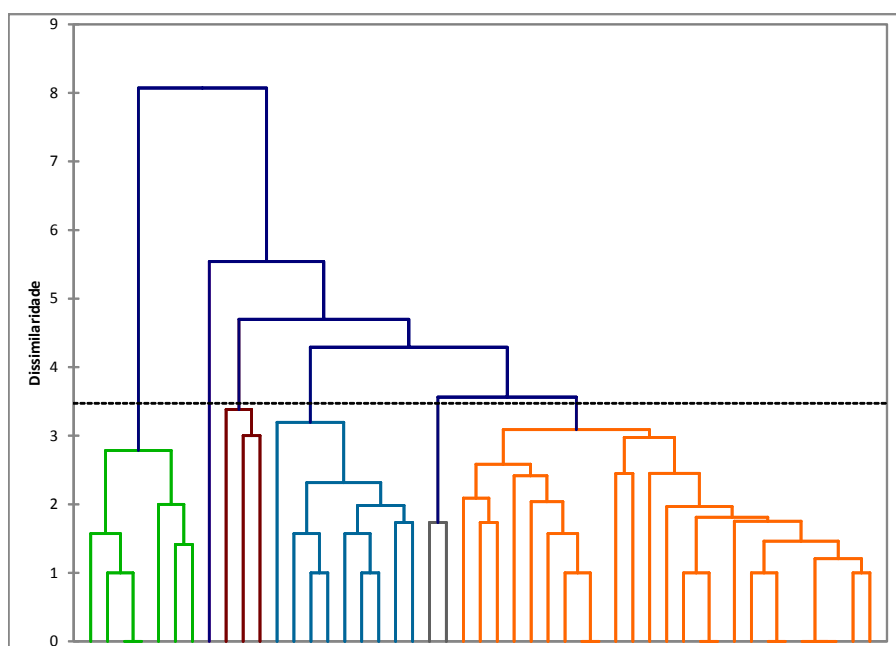
O grupo das práticas de desenvolvimento de produtos enxutos é composto pelas seguintes variáveis:

- Aplicação do mapeamento do fluxo de valor no PDP;
- Utilização da ESBC;
- Gestão visual do andamento dos projetos.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

A análise estatística de *Cluster*, realizada com base na aplicação dos princípios e práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos das empresas da amostra, é apresentada na figura 1.

Figura 1 – Análise de *Cluster* baseada na aplicação dos princípios e práticas enxutas no PDP das empresas avaliadas



Fonte: Elaborada pelos autores

A análise apresenta a formação de 6 *clusters*, sendo que o maior *cluster* (1) representa, sozinho, 53,2% das empresas da amostra, ou seja, ele é composto por 25 das 47 empresas da amostra. Esse *cluster* é formado por empresas de todos os setores da amostra e apresenta uma alta aplicação dos princípios enxutos e uma baixa aplicação das práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos. O segundo maior *cluster* (2) é formado por 9 empresas, ou 19,2% da amostra. A característica desse *cluster* é uma alta aplicação dos princípios enxutos e uma média aplicação das práticas enxutas de desenvolvimento de produto. O terceiro maior *cluster* (3), representado por 7 empresas, ou 14,9% da amostra, não aplica nem os princípios nem as práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos. O quarto maior *cluster* (4) possui 3 empresas em sua composição, ou 6,4% da amostra. Esse *cluster* possui alta aplicação tanto dos conceitos quanto das práticas enxutas de desenvolvimento de produto. O penúltimo *cluster* (5) representa 4,2% da amostra, ou 2 empresas, demonstrando média aplicação tanto dos princípios quanto das práticas enxutas de desenvolvimento de produto no PDP. O menor

cluster formado (6) é composto por somente uma empresa da amostra, ou 2,1% e possui baixa aplicação dos princípios e alta aplicação das práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos. A tabela 2 apresenta a compilação desses resultados, mostrando a caracterização dos *clusters*.

Tabela 2 – Caracterização dos *clusters* formados pela análise das empresas avaliadas, em relação à aplicação dos princípios e práticas enxutas no PDP das mesmas

		Aplicação	
		Princípios Enxutos	Práticas Enxutas
Cluster 1	53,2	Alta	Baixa
Cluster 2	19,2	Alta	Média
Cluster 3	14,9	-	-
Cluster 4	6,4	Alta	Alta
Cluster 5	4,2	Média	Média
Cluster 6	2,1	Baixa	Alta

Fonte: Elaborada pelos autores

De acordo com a literatura, observações atípicas devem ser analisadas para não introduzir um viés na estimativa da estrutura de agrupamento dos dados, ou *cluster* (HAIR JR et al., 2006). Portanto, conforme concluem os autores, todos os esforços devem ser feitos para que os resultados possam ser generalizáveis para a população de interesse.

Os resultados encontrados mostram que a soma percentual das amostragens dos clusters 4, 5 e 6 é igual a 12,7%. Esse número é menor que o percentual de amostragem do cluster 3, sozinho, que é de 14,9%. A fim de não introduzir um viés na estimativa dos *clusters*, os *clusters* 4, 5 e 6 não foram considerados para a generalização dos resultados da amostra.

O *cluster* 1 mostra uma alta aplicação dos princípios e uma baixa aplicação das práticas enxutas no PDP das empresas que o compõem. Isso evidencia que mais da metade das empresas avaliadas, ou seja, a maioria, conseguiu transferir para o processo de desenvolvimento de produtos os princípios enxutos, advindos do LM. No entanto, essas empresas ainda não estão aplicando as práticas de desenvolvimento de produto enxutas, que são constituídas pelo mapeamento de fluxo de valor do PDP, a gestão visual e a ESBC.

O *cluster* 2 mostra, também, que as empresas que o constituem apresentam uma alta aplicação dos princípios enxutos no PDP, tendo conseguido transferir os mesmos do LM. Porém, as mesmas mostram uma média aplicação das práticas enxutas em seus processos de desenvolvimento de produtos. Uma vez que o *cluster* 2 representa aproximadamente 20% da amostra estudada, esses dados mostram que poucas empresas brasileiras estão conseguindo aplicar, ainda moderadamente, as práticas enxutas no PDP. De fato, os

princípios enxutos fazem parte da filosofia enxuta e, para empresas que possuem o LM implantado há mais de 5 anos, era esperado que tais princípios já estivessem amadurecidos, o que foi evidenciado pelo resultado encontrado nos *clusters* 1 e 2 que, juntos, constituem 72,4% da amostra avaliada. Por outro lado, as práticas enxutas de desenvolvimento de produto vão além da filosofia enxuta, conforme Ward et al. (2007), que diz que “o desenvolvimento de produto enxuto vai além dos princípios do LM e dos métodos da engenharia simultânea convencional”. De fato, a ESBC representa uma quebra de barreira significativa na maneira de desenvolver novos produtos.

As empresas do *cluster* 3, ou aproximadamente 15% da amostra avaliada, não aplicam nem os princípios nem as práticas enxutas no PDP. Isso mostra que, embora essas empresas possuam o LM implantado há mais de 5 anos, as mesmas, por algum motivo a ser investigado em futuros trabalhos, não estenderam os princípios enxutos aprendidos para o PDP, tampouco iniciaram a aplicação das práticas enxutas no mesmo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostra que a maioria das empresas brasileiras busca utilizar o desenvolvimento de produto enxuto, por meio da aplicação dos princípios e práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produto. Mais de 50% consegue transferir os princípios enxutos aprendidos com o *Lean Manufacturing* para o PDP, porém ainda não consegue aplicar as práticas enxutas de desenvolvimento de produto. Somente cerca de 20% das empresas brasileiras consegue aplicar essas práticas, ainda moderadamente.

Por outro lado, aproximadamente 15% das empresas brasileiras não transferem os princípios enxutos aprendidos com o LM para o PDP e, muito menos, aplicam as práticas enxutas de desenvolvimento de produto. É fato que uma das práticas enxutas, a ESBC, representa uma maneira inovadora de desenvolver novos produtos, o que dificulta a aplicação das práticas enxutas de desenvolvimento de produtos. No entanto, é recomendável a análise dos motivos que levam essa porcentagem de empresas a não estenderem os princípios enxutos aprendidos no LM para o processo de desenvolvimento de produto.

REFERÊNCIAS

CUSUMANO, M.A. and NOBEOKA, K. **Thinking beyond lean**: how multi-project management is transforming product development at Toyota and others companies. New York: Free Press, 1998. 248p.

DAL FORNO, et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: integrando a abordagem Lean no projeto conceitual. **GEPROS – Gestão da Produção, Operação e Sistemas**, Ano 3, n.4, p. 45-58, 2008.

EVERITT, B.S.; LANDAU S. and LEESE M. **Cluster analysis** (4th edition). Arnold, London, 2001.

FORZA, C. *Survey research in operations management: a process-based perspective*. **International Journal of Operations and Production Management**. v.22, n.2, p.152-194, 2002.

HAIR JR, J. F.; BLACK, B.; BABIN, B.; ANDERSON, R. and TATHAM, R. **Multivariate Data Analysis** (6th edition). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2006.

JOBSON, J.D. **Applied Multivariate Data Analysis**. Volume II: Categorical and Multivariate Methods. Springer-Verlag, New York, 483-568, 1992.

KARLSSON, C. and ÅLHSTRÖM, P. The Difficult Path to Lean Product Development. **Journal of Product Innovation Management**, Vol. 13, pp. 2830-295, 1996.

KENNEDY, M. N. **Product development for the lean enterprise**. Richmond: Oaklea Press, 2003.

KRISTOFFERSON, A. and LINDEBERG, C. **Lean Product Development in Swedish Industry**, Master's Thesis, Stockholm School of Economics, 2006.

LIKER, J. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. McGraw-Hill. New York, 2004.

LIKER, J. and MORGAN, J. **The Toyota Product Development System – Integrating People, Process and Technology**. Ed Productive Press, New York, 2006.

LOCHER, D. A. **Value Stream Mapping for Lean Development – a how-to guide for streamlining time to market**. Estados Unidos: CRC Press: 2008.

MADHAVARAN, S.; APPAN, R. Developing complex , business-to-business products: issues and implications. **Management Search Review**, v.33, n.7, p. 715-733, 2010.

MASCITELLI, R. **The lean design guidebook: everything your product development team needs to slash manufacturing cost**. Northridge: Technology Perspectives, 2004.

McMANUS, H. L. **Product development value stream analysis and mapping manual (PDVSM) – The Lean Aerospace Initiative**, Center for Technology, Policy, and Industrial Development. Cambridge, Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology (MIT), 116 p, 2005.

MORGAN, J. M. **High performance product development: a systems approach to a lean product development process**. Thesis (Phd) in industrial and operations engineering. The University of Michigan: 2002.

REINERTSEN, D. Let It Flow: how lean product development sparked a revolution. **Industrial Engineering**, pp. 41-45, 2005.

SCHÄFER, H. and SORENSEN, D. J. Creating options while designing prototypes: value management in the automobile industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.21, n.6, p. 721-742, 2010.

SOBEK, D.K. II, WARD, A.C. and LIKER, J.K. Toyota's principles of set-based concurrent engineering. **Sloan Management Review**, v. 40, n. 2, p. 67-83, 1999.

WARD, A. C., LIKER, J. K., CRISTIANO, J. J. and SOBEK II, D. K. The second Toyota paradox: how delaying decisions can make better cars faster. **Sloan Management Review**, v. 36, n. 3, p. 43-61, 1995.

WOMACK, J. P. and JONES, D. T. **Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Simon & Schuster, 1996.