

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Eduardo Gomes Salgado

**INVESTIGAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS NO
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS POR MEIO DA ABORDAGEM DA
PRODUÇÃO ENXUTA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de **Mestre em Ciências em Engenharia de Produção**

Orientador: Prof. Carlos Henrique Pereira Mello, Dr.

Co-orientador: Prof. Fabiano Leal, Msc.

Itajubá

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Eduardo Gomes Salgado

**INVESTIGAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS NO
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS POR MEIO DA ABORDAGEM DA
PRODUÇÃO ENXUTA**

Dissertação submetida para avaliação por banca
examinadora em 28 de abril de 2008, conferindo ao
autor o título de Mestre em Ciências em Engenharia
de Produção

Banca Examinadora:

Prof. Sérgio Luis da Silva

Prof. Luiz Gonzaga Mariano de Souza

Prof. Carlos Henrique Pereira Mello (Orientador) Prof. Fabiano Leal (Co-
Orientador)

Itajubá

2008

Dedico este trabalho a Deus, meus
pais Aluizio e Beatriz e ao meu
irmão Junior, por serem minha base.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho é um sonho que eu agradeço a Deus por me guiar em todos os momentos da minha vida, por segurar na minha mão e me levar por este caminho e me possibilitar esta conquista.

Agradeço aos meus pais Aluizio e Beatriz por todos os momentos, ensinamentos e por serem essas pessoas maravilhosas que possibilitaram que este sonho se tornasse realidade. Agradeço por todo amor, carinho, dedicação e confiança que vocês têm por mim em toda minha vida. Ao meu irmão Junior, que sempre foi minha base em todos os momentos, pelas dicas, orientações e o apoio incondicional no meu mestrado.

A minha namorada Letícia por todo incentivo nesta reta final.

Meus agradecimentos especiais à minha família, em especial aos meus tios, primos e minha Avó Lina, pelos incentivos e, principalmente, pela confiança depositada em mim.

Aos meus amigos Carlos Henrique e Carlos Eduardo, por serem mais do que orientadores, serem amigos em que eu pude confiar e dividir minhas angústias, dúvidas e por me orientarem na minha vida com suas sábias palavras.

Aos queridos Luiz Gonzaga e João Turrioni por todas as dicas, sugestões e oportunidades que vocês me deram.

A todos os professores do IEPG por ajudarem na minha formação e crescimento, seus conhecimentos irão ajudar por toda a minha vida e, especialmente, ao Professor Fabiano Leal, pela ajuda, colaboração e orientação neste trabalho.

Um agradecimento especial aos meus amigos “Picanha” e Tiago pela ajuda nas simulações, na resolução de problemas e no fechamento dessa dissertação. Obrigado por me mostrarem que mesmo nos momentos de pressão temos amigos nos quais podemos confiar.

Também sou muito grato a todos os meus colegas de mestrado pelas sugestões, críticas e pelo companheirismo durante esta importante fase de nossas vidas. Da mesma forma sou grato aos meus amigos pessoais que também me incentivaram e entenderam meus momentos de ausência. Mesmo longe, nunca me esqueci de vocês.

Meus agradecimentos à EMDEP Brasil e aos funcionários desta empresa que, com sua ajuda e disponibilidade, permitiram que este trabalho se concretizasse. Um agradecimento especial à Paqueta, Milene, Edson e Diego que estiveram sempre dispostos a me ajudar no que fosse preciso.

Agradeço a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo incentivo financeiro durante parte da realização do trabalho e pelo incentivo à pesquisa no nosso país.

*“O tempo passa, os acontecimentos mudam, os fatos se renovam, mas os momentos felizes que passamos em nossas vidas ficam em nossos corações como forma de saudade”
(autor desconhecido)*

RESUMO

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) se torna cada vez mais crítico para a competitividade das empresas, devido a crescente internacionalização dos mercados, aumento da diversidade e variedade de produtos e a redução do ciclo de vida dos produtos. O presente trabalho tem como objetivo principal identificar os desperdícios dentro do PDP. Os objetivos específicos são: analisar os fundamentos da filosofia lean no PDP que contribuem para mitigar os desperdícios; analisar a contribuição do mapeamento do valor para a identificação dos desperdícios no PDP; recomendar ações com base na filosofia lean para mitigar os desperdícios no PDP estudado e analisar através da simulação computacional o impacto da redução desses desperdícios no PDP estudado em termos de desenvolvimentos concluídos. A abordagem metodológica utilizada foi a quali-quantitativa, empregando o delineamento exploratório e o modelo de desenvolvimento de taxonomia. Nesse modelo emprega-se inicialmente uma abordagem qualitativa, através de um estudo de caso, para a identificação dos desperdícios no PDP da empresa, seguida de uma abordagem quantitativa, através da simulação, para avaliar os possíveis ganhos proporcionados pela mitigação ou eliminação desses desperdícios. A unidade de análise selecionada para a pesquisa foi uma empresa do Sul de Minas que atua no desenvolvimento de holders para mesas de teste de chicotes elétricos e que possui ciclos de desenvolvimento de produtos curtos, médios e longos. Os resultados da pesquisa apontaram que o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta adequada para a confecção dos mapas do estado atual e futuro na linguagem padronizada pela filosofia lean, podendo a mesma ser aplicada na identificação dos desperdícios no PDP. Além disso, a simulação da mitigação ou eliminação dos desperdícios identificados mostrou que a empresa estudada pode obter ganhos na ordem de 12% na quantidade de holders produzidos.

.

ABSTRACT

The products development process (PDP) becomes increasingly critical to the competitiveness of businesses, because of internationalization of markets growing, increase the diversity and variety of products and reducing products life cycle. This study aims to identify the main waste in the PDP. The specific objectives are: examining the foundations of lean philosophy in PDP contributing to mitigate the waste; recommend actions based on the lean philosophy to mitigate waste in the PDP studied; through computer simulation examining the impact of the reduction of such waste in the PDP studied in terms of completed developments; and examine the contribution of the value stream mapping for identifying waste in the PDP. The methodological approach used was the quali-quantitative, employing the exploratory design and the taxonomy development model. This model employs initially a qualitative approach, through a case study, for identifying waste PDP in the company, followed by a quantitative approach, through simulation, to evaluate the potential gains offered by mitigation or disposal of such waste. The unit of analysis selected for the research was a company in Minas Gerais who works in the development of holders for table test for electric wire and has product development cycles of short, medium and long terms. The research results showed that the value stream mapping is an appropriate tool for the preparation of current and future states maps in the standard language of lean philosophy, since it can be applied in identifying waste in the PDP. In addition, the simulation of the mitigation or elimination of identified waste showed that the company studied may gain in the order of 12% in number of holders produced.

Lista de figuras

Figura 2.1 - Visão geral do processo de desenvolvimento de produtos	24
Figura 3.1 - Sistemas de informação flexíveis	42
Figura 4.1 - Correlação entre Processo de Manufatura e PDP	48
Figura 4.2 - Estrutura proposta para implementação da abordagem lean no PDP	50
Figura 5.1 - Mapeamento do PDP da EMDEP	60
Figura 5.2 – Limitação da pesquisa	62
Figura 5.3 – Holder mecânico	63
Figura 5.4 – Holder para montagem	64
Figura 5.5 – Holders pneumáticos	64
Figura 5.6 – Mesas de teste elétrico	64
Figura 5.7 – Mapa do estado atual do PDP	67
Figura 5.8 – Mapa do estado futuro do PDP	68
Figura 5.9 – Boxplot para os três modelos de holders	70
Figura 5.10 – Teste de igualdade para as variâncias dos valores simulados com desperdícios e sem desperdícios	84

Lista de quadros

Quadro 2.1 - Características do processo de desenvolvimento de produtos.	24
Quadro 2.2 - Modelos de referência para o projeto e desenvolvimento de produtos.	25
Quadro 2.3 - Objetivo e etapas de cada fase do pré-desenvolvimento do PDP.	26
Quadro 2.4 - Objetivo e etapas de cada fase do desenvolvimento do PDP.	27
Quadro 2.5 - Objetivos e etapas de cada fase do pós-desenvolvimento do PDP.	28
Quadro 2.6 - Quadro genérico de indicadores do processo de desenvolvimento de Produtos.	32
Quadro 3.1 - Princípios da manufatura enxuta e ferramentas aplicáveis.	39
Quadro 3.2 - indicadores referentes à eliminação das atividades que não agregam valor.	43
Quadro 3.3 - indicadores referentes a melhoria contínua.	43
Quadro 3.4 - indicadores referentes à Produção e entrega Just in time.	44
Quadro 3.5 - indicadores referentes a equipes multifuncionais.	44
Quadro 3.6 - indicadores referentes a integração dos fornecedores.	45
Quadro 3.7 - indicadores referentes a sistemas de informação flexíveis.	45
Quadro 4.1 - Relação entre os desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos e na manufatura.	52
Quadro 4.2 - Comparação entre o PDP tradicional e o PDP lean.	54
Quadro 4.3 - Definição das ferramentas da filosofia lean.	56
Quadro 4.4 - Aplicação das ferramentas do pensamento enxuto nos desperdícios do PDP.	59
Quadro 5.1 - Comparativo entre o Modelo Adotado e o Desenvolvimento de produto da empresa.	61
Quadro 5.2 – Características dos entrevistados	62
Quadro 5.3 – Caracterização dos desperdícios identificados no estudo de caso	76
Quadro 5.4 - Desperdícios identificados no desenvolvimento de produtos nas áreas da empresa objeto de estudo	78
Quadro 5.5 – Modelos evolutivos do processo de desenvolvimento de produtos da Emdep Brasil	79
Quadro 5.6 – Dados do two-sample T	85

Lista de tabelas

Tabela 5.1 - Comparação entre o estado atual e o estado futuro	66
Tabela 5.2 – Dados reais da produção de holder na empresa	69
Tabela 5.3 – Média e desvio padrão da produção de cada tipo de holder dos valores reais	69
Tabela 5.4 – Distribuição utilizada por projetista por tipo de holder	70
Tabela 5.5 – Dados simulados do desenvolvimento de holder na empresa	71
Tabela 5.6 – Média e desvio padrão de cada tipo de holder dos valores simulados	71
Tabela 5.7 – Validação do modelo simulado para cada tipo de holder.	80
Tabela 5.8 – Dados simulados do desenvolvimento de holder na empresa (três projetistas com os tempos de desperdícios)	81
Tabela 5.9 – Média e desvio padrão de cada tipo de holder dos valores simulados	81
Tabela 5.10 – Dados simulados do desenvolvimento de holder na empresa (três projetistas sem os tempos de desperdícios)	82
Tabela 5.11 – Média e desvio padrão de cada tipo de holder dos valores simulados	82
Tabela 5.12 – Valores produzidos na simulação com e sem desperdícios	83

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
a. Contextualização do Problema e Justificativa	12
b. Objetivos	14
c. Estratégia de pesquisa adotada	14
d. Estrutura do trabalho	18
2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	20
e. A gestão do processo de desenvolvimento de produtos	20
f. Desenvolvimento de Produto: tradicional x moderno	21
g. Fases do Processo de desenvolvimento	24
h. Indicadores de desempenho no processo de desenvolvimento de produtos	31
3. FILOSOFIA LEAN	34
3.1. Pensamento enxuto	34
3.2. Princípios do pensamento enxuto	36
3.3. Desperdícios relacionados no pensamento enxuto	38
3.4. Ferramentas <i>lean</i>	39
3.5. Mapeamento <i>lean</i>	41
3.6. Indicadores de desempenho para a produção enxuta	42
4. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS LEAN OU LEAN DEVELOPMENT	47
4.1. Desenvolvimento de produtos <i>lean</i>	47
4.2. Desperdícios no desenvolvimento de produtos <i>lean</i>	51
4.3. Implementação do desenvolvimento de produtos <i>lean</i>	53
4.4. Ferramentas para eliminação dos desperdícios do desenvolvimento de produtos <i>lean</i>	55
5. ESTUDO DE CASO	60
5.1. Descrição da unidade de análise	60
5.2. Caso Piloto	65
5.3. Pesquisa Empírica	66
5.3.1. Pesquisa Quantitativa	69
5.3.2. Pesquisa Qualitativa	71
5.3.3. Modelo Simulado	78
5.3.4. Análise de Dados	83
5.4. Elaboração do Plano de Ação	85
6. CONCLUSÃO	
6.1. Conclusão	86
6.2. Recomendações para Futuros Trabalhos	87
APÊNDICE A	88
APÊNDICE B	90
REFERÊNCIAS	92

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Contextualização do problema e justificativa

A sobrevivência das empresas no atual cenário de competição internacional é função do grau de competitividade de seus produtos. A competitividade, por sua vez, se baseia nos requisitos qualidade, custo e tempo. Num mercado global e em constante evolução, o perfil do consumidor atual exige produtos de alta qualidade a um baixo custo. A empresa deve responder a esta demanda com agilidade. Um produto que lançado tardiamente terá sua fatia do mercado ocupada por um concorrente ou talvez já não satisfaça mais às necessidades do consumidor (FERREIRA, 1997).

Ainda segundo Ferreira (1997), aliado aos requisitos de qualidade, custo e tempo, vêm-se enfatizando requisitos ergonômicos, segurança no trabalho e segurança ambiental, recebendo assim crescente atenção da comunidade internacional.

Conforme Albano e Silva (2002), o mercado passou por transformações que formam um novo contexto dinâmico para as organizações e em especial para a indústria brasileira. Seus produtos têm de competir em preço e qualidade com similares estrangeiros, vindos tanto de países com elevado nível de desenvolvimento tecnológico quanto de países onde os custos de fabricação estão num patamar normalmente inferior, devido principalmente ao menor valor da mão-de-obra. Isso força a empresa brasileira a assimilar e a desenvolver continuamente novas tecnologias e produtos, visando a redução de custos, manutenção e, se possível, ampliação de mercado, enfim, manter-se competitiva num mercado cada vez mais globalizado.

A vantagem competitiva de uma empresa de manufatura em uma economia globalizada está diretamente relacionada com sua capacidade de introduzir novos produtos no mercado, garantindo linhas de produtos atualizadas tecnologicamente e com características de desempenho, custo e distribuição condizentes com o atual nível de exigência dos consumidores (MUNDIM *et al.*, 2002).

Nessa mesma linha de pensamento, com a existência de rápidas mudanças tecnológicas, diminuição do ciclo de vida dos produtos e uma maior exigência dos consumidores, verifica-se uma clara necessidade das empresas desenvolverem produtos inovadores com custos viáveis. Neste contexto, as empresas vêm aumentando sua atenção para as atividades de desenvolvimento de produtos, reconhecida como importante fonte de vantagem competitiva, tanto para a criação de novos produtos quanto para a melhoria de produtos (JUGEND, 2006).

Segundo Wheelwright e Clark (1992), num ambiente competitivo e global, intenso e dinâmico, o desenvolvimento de novos produtos tornou-se um ponto de foco de competição. Empresas que conquistam mercados mais rápida e eficientemente com produtos que atendem e excedem as expectativas dos clientes, criam uma significativa alavancagem competitiva. Em um ambiente competitivo, o bom desenvolvimento de produtos tornou-se um requisito para a sobrevivência, um extraordinário desenvolvimento de produtos tornou-se uma vantagem competitiva.

O sucesso no desenvolvimento de um novo produto depende dos cuidados tomados pela empresa durante esse processo. Se o conceito do produto foi criteriosamente definido e suas características intrínsecas foram projetadas com vista nos interesses do mercado e nos pontos fortes e fracos dos concorrentes, e se o mercado foi bem analisado, além de outros cuidados, aumenta-se consideravelmente a probabilidade de sucesso no desenvolvimento de produtos (JUNIOR e SILVA, 2003).

O *lean manufacturing* é uma filosofia que visa a eliminação dos desperdícios, onde há necessidade de instituir-se um “pensamento enxuto”, ajudando as empresas a especificarem claramente o valor, alinhando todas as atividades que criam valor para um produto específico ao longo de uma cadeia de valor, fazendo com que esse valor flua uniformemente, de acordo com as necessidades do cliente.

Esse trabalho de pesquisa se justifica pela importância do processo de desenvolvimento de produtos nas empresas e à baixa quantidade de pesquisas relacionadas com abordagem *lean* no processo de desenvolvimento de produtos (PDP). Sua maior contribuição está em identificar os desperdícios empregando a abordagem *lean* que incidem no PDP e em analisar como a sua mitigação pode contribuir para aumento da produtividade desse processo.

De acordo com Teixeira (2004), os clientes estão se tornando cada vez mais exigentes e os produtos, por sua vez, cada vez mais complexos. Por isso, as empresas devem projetar produtos que tenham o máximo de valor agregado com custos reduzidos, a fim de aumentar a produtividade e, conseqüentemente, garantir a sobrevivência da organização, atendendo requisitos de qualidade, confiabilidade, preço e entrega.

O processo de desenvolvimento de produtos tem uma importância estratégica por situar-se na interface entre a empresa e o mercado, sendo necessário considerar durante a realização de suas etapas, diversos aspectos como desempenho em qualidade, produtividade, flexibilidade e velocidade, inovação de mercado, inovação tecnológica e capacitação operacional e gerencial. O desempenho superior nesse processo permite o lançamento eficaz de novos produtos, bem

como a melhoria de qualidade de produtos existentes. Essas duas atividades é que serão consideradas de processo de desenvolvimento de produtos (SCORALICK, 2005).

O desempenho neste setor de desenvolvimento de produtos depende da capacidade das empresas gerenciarem o processo de desenvolvimento e de aperfeiçoamento dos produtos, e de interagirem com o mercado e com as fontes de inovação tecnológica (SCORALICK, 2005).

Ainda segundo Scoralick (2005), quanto menor for o tempo de desenvolvimento mais fácil se torna a atividade de planejamento de novos produtos, pois o risco de enfrentar novos conceitos de mercado e tecnológicos, quando o produto ainda está em desenvolvimento, torna-se menor. Apesar disso, esta atividade de planejamento de novos produtos torna-se, também, mais complexa.

O estudo da abordagem de desenvolvimento *lean* se justifica também em pesquisa realizada no Brasil por Costa *et al.* (2005) que revelou que os principais temas abordados na área científica foram: a gestão do processo de desenvolvimento de produto com 25,75% do total das publicações; o desenvolvimento, implantação, e análise do QFD (*Quality Function Deployment*) com 13,56%; e outros assuntos (tais como, a utilização de ferramentas como CAD (*Computer Aided Design*), CAM (*Computer Aided Manufacturing*) e CAE (*Computer Aided Engineering*), implantação de *softwares* e outros sistemas computacionais) com 9,20%. Esses dados mostram a preocupação dos pesquisadores com o processo de desenvolvimento do produto. O conceito do desenvolvimento *lean* atingiu apenas 0,23% do resultado. Esse dado indica que existe uma lacuna entre a filosofia *lean* e o *lean development* em pesquisas científicas, sobressaindo-se como uma lacuna a ser mais bem explorada.

1.2 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é identificar os desperdícios dentro do processo de desenvolvimento de produtos (PDP). Os objetivos específicos são:

- analisar os fundamentos da filosofia *lean* no processo de desenvolvimento de produtos (PDP) que contribuem para mitigar os desperdícios;
- recomendar ações com base na filosofia *lean* para mitigar os desperdícios no PDP estudado;
- analisar através da simulação o impacto da redução dos desperdícios no PDP estudado em termos de desenvolvimento concluídos;
- analisar a contribuição do mapeamento do valor para a identificação dos desperdícios no PDP.

1.3 Estratégia de pesquisa adotada

A presente pesquisa é de natureza aplicada, pois visa obter resultados práticos a respeito do impacto da mitigação dos desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos de uma empresa. Possui objetivo exploratório, uma vez que o tema, a abordagem do desenvolvimento *lean* no processo de desenvolvimento de produtos das empresas ainda é bastante incipiente na literatura científica.

A abordagem adotada para a pesquisa é a combinada que, de acordo com Creswell e Plano Clark (2007), envolve pressupostos filosóficos que direcionam a coleta e a análise dos dados e a combinação das abordagens qualitativa e quantitativa em um único estudo ou em uma série de estudos. A premissa dessa abordagem é que o uso combinado das abordagens qualitativa e quantitativa oferece um melhor entendimento dos problemas de pesquisa do que qualquer uma dessas abordagens isoladas.

O tipo de delineamento empregado foi o exploratório, onde os resultados de um primeiro método qualitativo auxiliam no desenvolvimento ou coleta de informações para o segundo método quantitativo (CRESWELL e PLANO CLARK, 2007). Dentro deste tipo de delineamento, foi utilizado o modelo de desenvolvimento de taxonomia. Este modelo foi escolhido por possuir uma fase qualitativa inicial que é conduzida para identificar variáveis importantes ou para desenvolver uma teoria emergente, e uma segunda fase quantitativa que testa ou estuda esses resultados com mais detalhes (CRESWELL e PLANO CLARK, 2007).

Para a parte qualitativa do modelo, foi adotado o método do estudo de caso. Yin (2005) define o estudo de caso como uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. A investigação de estudo de caso enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados e, como resultado baseia-se em várias fontes de evidências, com os dados precisando convergir em um formato de triângulo (considerando a triangulação como a coleta de dados a partir da teoria, do empirismo e da contribuição do pesquisador); e, como outro resultado, beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados.

Esse método foi adotado por ser o mais indicado para a pesquisa exploratória, visando responder a seguinte questão de pesquisa: **quais os desperdícios da abordagem *lean* que impactam no processo de desenvolvimento de produtos? Como esses desperdícios podem ser identificados?**

Para tentar responder a essa questão de pesquisa foi realizado inicialmente um estudo de caso piloto, visando testar as perguntas norteadoras do projeto e, principalmente, os instrumentos e procedimentos a serem adotados. Posteriormente, com a validação do instrumento de coleta de dados, foi realizado um estudo de caso único para responder à questão de pesquisa.

A unidade de investigação selecionada para o estudo de caso único é uma pequena empresa que atua no mercado de autopeças, produzindo *Ring Out Boards* (ROB). Esses equipamentos são responsáveis pela aprovação elétrica e de componentes de chicotes elétricos. A empresa multinacional objeto de estudo desta pesquisa é a EMDEP Brasil Ltda., localizada na cidade de Itajubá/MG.

As justificativas para a escolha dessa empresa como unidade de análise foram: o fato de seu escopo de certificação ISO 9001:2000 incluir o processo de desenvolvimento de produtos, favorecendo a existência de um modelo sistemático para o PDP; ser um caso representativo, porque ela desenvolve produtos com ciclos de desenvolvimento curto e longo, favorecendo os estudos de caso polares; ser líder no mercado nacional no seu ramo de atuação; facilidade de acesso a empresa, devido a outros trabalhos de pesquisa já realizados na mesma.

O estudo piloto realizado na empresa serviu para identificar alguns desperdícios, com base na filosofia *lean* no processo de desenvolvimento de produtos, a partir do qual foi elaborado um protocolo de pesquisa (vide apêndice A). Esse protocolo foi validado por especialistas através de *e-mails* enviados.

Para a pesquisa qualitativa foram utilizadas as seguintes técnicas de coleta de dados: entrevistas semi-estruturadas, realizadas durante as 15 visitas à unidade de análise, com duração de 120 minutos cada visita; observação direta do pesquisador nas atividades realizadas, para confrontar com as informações obtidas durante as entrevistas, analisando-se práticas e comportamentos dos entrevistados; análise de documentos e registros sobre as práticas atuais de desenvolvimento de produtos para comparação das evidências coletadas.

Para a parte quantitativa do modelo, foi adotado o método da modelagem e simulação. Segundo Pereira (2000), “simulação computacional é a representação de um sistema real através de um modelo de grande precisão utilizando o computador, trazendo a vantagem de se poder visualizar este sistema, implementando mudanças e respondendo questões do tipo ‘o que aconteceria se’ (*what-if*), economizando assim, tempo e dinheiro”.

Analogamente, Law e Kelton (1991) afirmam que o benefício da simulação é que ela permite ao engenheiro ou gerente obter uma visão sistêmica do efeito que alterações locais terão sobre o desempenho global de todo o sistema de produção. Alguns outros benefícios citados pelo autor são a maior utilização de recursos necessários, redução de estoque em processo, maior

velocidade e confiabilidade de entrega, menores custos operacionais, maior compreensão do sistema e melhor reflexão sobre determinados aspectos do sistema de produção graças à construção do modelo.

Esse método quantitativo foi adotado visando confirmar a seguinte hipótese: **a mitigação dos desperdícios identificados no processo de desenvolvimento de produtos favorece o incremento no número de produtos desenvolvidos.**

O modelo de simulação foi desenvolvido de acordo com os passos sugeridos por Gavira (2003): formular o problema e planejamento do estudo; coletar os dados e definir do modelo; validar o modelo; construir o programa computacional e verificar os resultados; realizar execuções piloto; validar o modelo programado; projetar os experimentos e realizar a execução da simulação.

Vários softwares estão disponíveis no mercado para a utilização da simulação, sendo que segundo Lobão (2000), as suas principais características são: interface gráfica de comunicação com o usuário; o projeto do modelo é orientado ao objeto; capacidade de animação; fornecimento de relatórios e o uso de ferramentas estatísticas.

Para a validação dos modelos, Sargent (2004) descreve inúmeras técnicas existentes na literatura que podem ser utilizadas de maneira subjetiva e objetiva. Algumas técnicas são: animação, comparação com outros modelos, testes degenerativos, validade do evento, condição extrema, validação por meio de dados históricos, validade interna, validação multi-estágio, gráficos operacionais testes de duração entre outras.

Segundo Kleijnen (1993), a validação do modelo computacional pode ser feito utilizando a seguinte formulação:

$$\left(\overline{X}_s - \overline{X}_r\right) \pm \tau_{2n-2, \alpha/2} * \sqrt{\frac{S_s^2 + S_r^2}{n}} \quad [1]$$

Onde: \overline{X}_s - Média dos resultados simulados;

\overline{X}_r - Média dos resultados reais;

S_s - Desvio padrão dos dados simulado;

S_r - Desvio padrão dos dados reais;

n - número de dados da amostra;

$\tau_{(2n-2)}$ - graus liberdade;

$\alpha/2$ - nível de significância (Tabela de distribuição t – apêndice).

Para validar o modelo, a faixa obtida com a expressão [1] deve contemplar o valor zero.

Vale salientar que a simulação requer dados adicionais a fim empreender uma análise dinâmica do sistema (GREASLEY, 2003), os quais podem ser obtidos por meio do mapeamento de processos, observações dos pesquisadores, análise de registros, entrevistas e questionários.

Segundo Paço (2006), é possível utilizar a simulação computacional como ferramenta de auxílio no mapeamento do fluxo de valor, passando a ter um mapeamento dinâmico. Dessa forma, será feito o mapeamento do estado atual e estado futuro no processo de desenvolvimento de produtos e verificado as melhorias no desenvolvimento de produtos com a eliminação dos desperdícios do PDP.

Finalmente, os dados coletados qualitativamente e quantitativamente foram interpretados, analisados e discutidos, propiciando uma oportunidade para responder às questões de pesquisa e testar a hipótese formulada.

1.4 Estrutura do trabalho

Essa dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, incluindo esta introdução com a justificativa para a pesquisa e os objetivos a serem alcançados.

No capítulo dois o processo de desenvolvimento de produtos é brevemente definido e descrito, incluindo uma comparação entre o processo de desenvolvimento de produtos tradicional *versus* moderno, a descrição das principais fases do desenvolvimento de produtos e os indicadores de desempenho no PDP.

No capítulo três o pensamento *lean* é definido em uma breve discussão sobre o pensamento enxuto, princípios do pensamento enxuto, desperdícios relacionados ao pensamento enxuto, ferramentas *lean* e indicadores de desempenho para a produção enxuta.

No capítulo quatro o desenvolvimento *lean* é tratado, apresentando uma breve discussão a respeito do desenvolvimento de produtos *lean*, também conhecido como *lean development*, os desperdícios no processo de desenvolvimento *lean* e como realizar a implementação do desenvolvimento.

O capítulo cinco apresenta o estudo Quali-quantí, onde é apresentada a empresa objeto de estudo, o estudo de caso piloto, o estudo de caso único, a simulação computacional e é realizada a análise dos dados da pesquisa combinada de forma separada.

Finalizando, o capítulo seis apresenta as conclusões da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros. Na seqüência deste último capítulo estão as referências bibliográficas e os apêndices.

Capítulo 2 - Processo de desenvolvimento de produtos

Este capítulo apresenta uma breve discussão sobre o processo de desenvolvimento de produtos. Essa discussão inclui uma comparação entre desenvolvimento tradicional *versus* moderno, a descrição das principais fases desse processo e os indicadores de desempenho aplicados ao mesmo.

2.1 A gestão do processo de desenvolvimento de produtos

A gestão do processo de desenvolvimento do produto (PDP) possui a finalidade de sistematizar as atividades e tarefas, organizando o grau de integração entre os mecanismos da empresa como: coordenação funcional, arranjo das ferramentas e relações externas (CLARK e FUJIMOTO, 1991).

O PDP pode ser considerado um processo de difícil visualização devido a complexidade de sua gestão, à natureza dinâmica, à sua grande interação com as demais atividades da empresa e a quantidade de informações manipuladas durante um projeto de desenvolvimento. Desse modo, muitas empresas acabam perdendo oportunidades de melhoria e aprendizagem que facilitariam ou possibilitariam o aumento de capacitação e do desempenho do PDP. Uma maneira para evitar essa falha pode ser a gestão desse processo com constantes mudanças, incorporações de lições aprendidas e melhorias contínuas, pela aplicação de modelos sistemáticos e estruturados para análises do PDP (SILVA, 2003).

Para Deschamps e Nayak (1997), o planejamento estratégico é importante, pois nele se determinam como e com que frequência a empresa pretende competir com novos produtos. O processo do planejamento estratégico é integrador, pois combina planos para o produto e para o desenvolvimento tecnológico. Tal processo leva ao ciclo de planejamento específico de produtos para determinar quais novos produtos serão lançados e quando será esse lançamento. O plano de desenvolvimento busca definir como a capacidade de desenvolvimento da organização poderá satisfazer a nova demanda de produtos.

Segundo Nadia, Gregory e Vince (2006) nas companhias que projetam e produzem os produtos complexos, especialmente produtos feitos sob encomenda, mudanças e modificações ocorrem frequentemente no projeto do produto enquanto o mesmo evolui. Muitas destas mudanças são iniciadas formalmente pelo cliente como exigências novas, ou pela companhia com mudanças nas especificações ou na forma de manufaturar.

Empresas inseridas no contexto dinâmico atual têm buscado maneiras diferenciadas para realizar suas atividades e gerenciar seus processos. Com relação ao PDP, observa-se que as empresas estão adotando as práticas que permitem desempenhos superiores, resultados eficientes e a melhoria contínua do processo (SILVA, 2003).

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), é importante ressaltar que mesmo quando a tecnologia e a concepção de um novo produto vêm do exterior, existem ainda muitas atividades de desenvolvimento que estão inseridas no escopo do desenvolvimento de produtos e que fazem parte das responsabilidades de empresas locais.

2.2 Desenvolvimento de produto: tradicional x moderno

Após a primeira guerra mundial, os sistemas de produção industrial evoluíram do tipo artesanal, caracterizada por elevados custos de produção e ausência de consistência e confiabilidade nos produtos e processos, para um novo sistema de produção em massa, baseado nas técnicas de Henry Ford (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Para Rozenfeld *et al.* (2006), os princípios da administração científica de divisão de tarefas que buscavam pela maneira ótima e pelas pessoas certas, bem como a estruturação funcional das organizações, “moldaram” o surgimento da função de desenvolvimento de produtos nas organizações. Como resultado, viu-se a criação do que hoje se chama engenharia tradicional ou desenvolvimento seqüencial, no qual as tarefas relacionadas ao projeto eram atribuídas a um número exagerado de áreas funcionais excessivamente especializadas e constituídas por técnicos com domínio específico na área funcional.

Segundo Silva (2001), a concepção tradicional do processo de desenvolvimento de produtos tem como fundamento a especialização funcional, legado da abordagem mecanicista de Taylor, Fayol e Ford, que utiliza a especialização como meio de obter eficiência nos processos organizacionais. Os resultados são mais previsíveis em projetos que possuem etapas predeterminadas em relação aos projetos que não possuem. Etapas predeterminadas auxiliam no controle e no gerenciamento do projeto. Como cada etapa é concluída antes que a próxima comece, em cada etapa podem-se focalizar suas capacidades e experiências em um conjunto limitado de tarefas. Esses conceitos fazem parte da cultura tradicional de muitas empresas.

Conforme Rozenfel *et al.* (2006), esse modelo de desenvolvimento é chamado de seqüencial porque as informações sobre o produto eram definidas em uma ordem lógica de uma área funcional para outra (primeiro *marketing*, depois *design*, engenharia, produção, etc.). O projeto “caminhava” entre elas e cada um se limitava a receber uma determinada informação,

realizar o trabalho e produzir o resultado que dela se esperava. Não havia, portanto, uma interação forte entre elas durante e depois da realização das atividades. As atividades e procedimentos para o gerenciamento eram informais, baseados na experiência das pessoas e diferiam entre as áreas funcionais, que criavam culturas e padrões de trabalhos próprios.

Ainda segundo os mesmos autores, essa visão tradicional de desenvolvimento de produto apresenta as seguintes características:

- as áreas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e de desenvolvimento de produtos (DP) tendem a ser mais isoladas do restante da empresa e não integradas à estratégia geral do negócio. Apresentam uma cultura, linguagem e compreensão dos problemas próprios;
- existem barreiras organizacionais e de comunicação significativas entre essas áreas e o restante da empresa;
- a alta direção participa pouco das principais definições das metas de P&D e do DP;
- predomina a hierarquia e a linearidade no fluxo de informações e das atividades entre P&D, engenharia de produto e de processo, produção, vendas, assistência técnica, etc., que são vistas como seqüências e sem que uma interaja com as demais;
- os fornecedores são envolvidos nas fases finais do desenvolvimento, com a empresa procurando ser excessivamente auto-suficiente;
- as atividades de P&D e de DP são consideradas como um conjunto de atividades de risco e, portanto, de difícil mensuração e controle. Isso acarreta uma forte resistência aos controles e à contabilidade de custos e à análise do retorno dos investimentos;
- os profissionais da área eram especializados, com a promoção na carreira sendo essencialmente vertical e sem mobilidade horizontal para outras áreas, valorizando o aprofundamento e isolamento do conhecimento.

Deschamps e Nayak (1997) citam ainda como características da concepção tradicional do processo de desenvolvimento de produtos:

- percepção departamentalizada: os departamentos absorvem e moldam as habilidades das pessoas que os compõem: engenharia, produção, *marketing*, finanças, e assim por diante. O processo de desenvolvimento de produtos é normalmente visto e operacionalizado de maneira fragmentada, cada grupo concentrando-se na sua parcela de trabalho. Surgem problemas de comunicação, pois os especialistas funcionais muitas vezes não entendem os dados que lhes são solicitados e acabam informando o que não é preciso. Quando o cérebro humano recebe dados parciais, ele os completa para gerar a informação de que necessita;

- trabalho seqüencial: concomitantemente à percepção departamentalizada, tem-se, como conseqüência permissiva ao processo de desenvolvimento de produtos, o trabalho seqüencial, que gera muita agitação e desperdício, pois na maioria das vezes as decisões são adiadas, fundamentadas em conhecimentos e percepções parciais e até mesmo obsoletas. Além disso, elas são negociadas para consolidar a imagem de poder.
- hierarquia opressiva: numa estrutura funcional, os funcionários pensam verticalmente, pois dependem de comando, controle e integração de seus superiores departamentais, além de serem avaliados.

Como resultado, havia uma grande dificuldade de compreensão mútua entre as áreas e a coordenação do projeto era prejudicada. Quando surgiam problemas eram comuns os embates entre as áreas funcionais, os quais aumentavam a turbulência e não contribuíam para a solução.

Nessa época, começou a surgir o papel do gerente de projeto, que deveria se preocupar com o projeto como um todo, servir como facilitador na transição do projeto pelas áreas. Mas, na maioria dos casos, seu poder e influência eram limitados e bem menores que os gerentes funcionais, os quais podiam tomar a decisão final, muitas vezes priorizando a otimização dos esforços e os aspectos relacionados à sua função. A superespecialização das áreas contribuía para que as decisões de projeto fossem tomadas de um ponto de vista restrito a um domínio de conhecimento da área (ROZENFELD *et al.*, 2006).

A implantação de sistemas integrados é uma prática cada vez mais comum nas empresas que desejam aumentar sua vantagem competitiva. Entretanto, o grande potencial desses sistemas é comprometido quando as informações manipuladas não possuem a qualidade necessária (OLIVEIRA, 1999). Back *et al.* (2008) definem o desenvolvimento integrado de produtos como um processo de transformação e geração de informações efetuado por uma equipe multidisciplinar, onde os requisitos, restrições do produto e soluções, ao longo de todas as fases do processo, são considerados ou pensados simultaneamente.

Para reduzir o tempo necessário para lançar novos produtos no mercado, as empresas adotam uma nova abordagem de desenvolvimento de produtos baseada, principalmente, na engenharia simultânea (ES) e em times multifuncionais. Teoricamente, essa nova abordagem resulta em alterações importantes na organização do trabalho, que passa a ser executado em times envolvendo pessoas de várias áreas funcionais, atuando em conjunto do início ao fim dos projetos (ZANCUL *et al.*, 2006).

Para Badin (2005), o objetivo do desenvolvimento integrado de produto é a melhoria de todos os aspectos do chamado triângulo mágico: custo, qualidade e tempo. Os três são integrantes,

demandando que os vários agentes e processos envolvidos no desenvolvimento de produto ocorram juntos.

Ainda segundo Badin (2005), a abordagem da ES requer, ainda, cooperação com base na sinergia entre seus agentes, que devem trabalhar em equipes multifuncionais acompanhando o projeto paralelo do produto e processos, considerando todo o ciclo de vida do produto, compartilhamento das informações por meio das disciplinas e fases do desenvolvimento do produto. Durante algumas atividades, fazem parte dessa equipe, clientes e fornecedores. Todo o seu trabalho é suportado por recursos, métodos e técnicas integradas, sendo que o foco do trabalho concentra-se nas necessidades do cliente buscando continuamente a melhoria do produto. A idéia essencial por trás dessa abordagem é o fato, bem conhecido, de que as falhas detectadas antecipadamente e eliminadas reduzem os custos.

Segundo Hartley (1998), um princípio importante da ES é que a qualidade se introduz no projeto desde o começo, erradicando quaisquer características que possam ser adversamente afetadas por variações na produção. A engenharia simultânea parte de uma confiança no trabalho em equipe e na adoção de certas técnicas específicas, em resposta ao problema de melhorar os resultados da empresa. Nesse sentido, são essenciais tanto o enfoque de equipe como o uso de técnicas disciplinadas; nenhum dos dois elementos oferece ganhos potenciais sem a presença do outro.

Silva (2001) apresentou uma comparação entre a concepção tradicional de desenvolvimento de produtos e a concepção moderna, dado pelo quadro 2.1. Vale ressaltar que o autor traz a idéia de concepção, mostrando os extremos do desenvolvimento de produtos, mas que existem escalas intermediárias entre essas duas concepções de PDP na qual o autor não mencionou.

2.3 Fases do processo de desenvolvimento do produto

A literatura pesquisada (Back, 1983; Vincent, 1989; Rosenthal, 1992; Wheelwright & Clark, 1992; Cooper & Edgett, 1999; Pahl et al., 2005; Rozenfeld et al., 2006) mostra que cada autor interpreta o processo de desenvolvimento de produtos por uma diferente ótica. O quadro 2.2 apresenta uma comparação de alguns dos modelos para o processo de desenvolvimento de produtos.

Quadro 2.1 - Características do processo de desenvolvimento de produtos

Concepção tradicional	Concepção moderna
<ul style="list-style-type: none"> • Percepção departamentalizada. • Trabalho seqüencial. • Hierarquia opressiva. • Excesso de burocracia. • Conflitos funcionais desnecessários com acusações mútuas que geram frustração e irritação. • Projetos complexos. • Elevado consumo de recursos. • Tempo de desenvolvimento elevado. • Valorização do trabalho individual. • Conhecimento tecnológico do produto restrito e segmentado. • Baixo envolvimento dos clientes e fornecedores. • Repetição dos mesmos erros de projeto. • Sistema de informações deficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos. • Melhoria da qualidade. • Redução do prazo de desenvolvimento. • Aumento da flexibilidade. • Aumento da confiabilidade. • Aprendizado. • Redução do custo de oportunidade. • Transformação da cultura organizacional. • Ampliação do ciclo de vida. • Aumento da participação no mercado (<i>market share</i>). • Aumento da margem de lucro. • Melhoria da imagem.

Fonte: Silva (2001)

Da análise do quadro 2.2, considera-se que o modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) é o que define as etapas do PDP com um maior nível de detalhes, além de ser o mais recente, nasceu do estudo desses outros modelos e das experiências dos autores, sendo assim esse será o modelo utilizado nesse trabalho. Especialmente no Brasil, diversos outros trabalhos de pesquisa (ROMANO, 2003; CHAGAS, 2004; NETO; 2005) sobre o processo de desenvolvimento de produtos têm utilizado esse modelo como referência. A figura 2.1 apresenta as macro-fases e fases do modelo de desenvolvimento de produtos proposto por Rozenfeld *et al.* (2006). Os quadros 2.3, 2.4 e 2.5 apresentam os objetivos e etapas de cada fase do PDP.

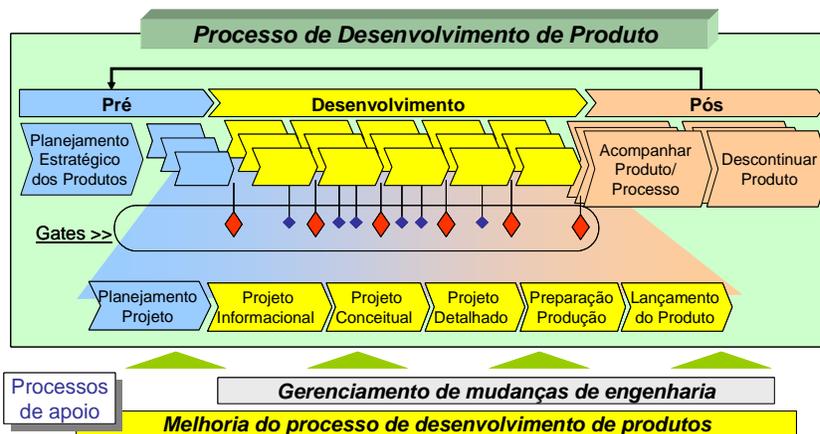


Figura 2.1 - Visão geral do processo de desenvolvimento de produtos

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

Quadro 2.2 – Modelos de referência para o projeto e desenvolvimento de produtos

		MACRO-FASES										
		Pré-Desenvolvimento		Desenvolvimento						Pós-Desenvolvimento		
Autores	Back (1983)		Estudo de viabilidade	Projeto Preliminar	Projeto detalhado			Revisão e testes	Planejamento da produção	Planejamento do mercado	Planejamento do consumo	Planejamento da obsolescência
	Rosenthal (1992)		Validação da idéia	Projeto conceitual	Especificação e projeto			Produção do protótipo e teste	Produção			
	Vincent (1989)	Idéia	Estudo preliminar	Modelo de laboratório	Desenvolvimento	Produção / engenharia	Testes	Produção	Lançamento			
	Wheelwright & Clark (1992)			Desenvolvimento do conceito	Planejamento da produção	Planejamento do produto/processo	Produção piloto / produção					
	Pahl <i>et al.</i> (2005)		Definição metódica da tarefa	Concepção		Anteprojeto	Detalhamento	Solução				
	Rozenfeld <i>et al.</i> (2006)	Planejamento estratégico dos produtos	Planejamento do projeto	Projeto informacional		Projeto conceitual	Projeto Detalhado		Preparação da produção	Lançamento do produto	Acompanhar produto/processo	Descontinuar Produto
	Cooper & Edgett (1999)	Idéias		Investigação preliminar		Investigação detalhada	Desenvolvimento		Teste e validação	Lançamento	Pós-implementação	

Quadro 2.3 – Objetivo e etapas de cada fase do pré-desenvolvimento do PDP

Pré-Desenvolvimento		
FASE	Planejamento estratégico dos produtos	Planejamento do projeto
Objetivo	O objetivo do planejamento estratégico de Produtos é obter um plano contendo o portfólio de produtos da empresa a partir do planejamento Estratégico da Unidade de Negócio.	O objetivo do planejamento do projeto é realizar o planejamento macro de um dos projetos de um novo produto planejado no portfólio, aprovado pelo time do PEP.
Etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Definir o escopo da revisão do Planejamento Estratégico de Negócio (PEN); • Planejar atividades para a revisão do PEN; • Consolidar informações sobre tecnologia e mercado; • Revisar o PEN; • Analisar o Portifólio de Produtos da empresa; • Propor mudanças no portfólio de produtos; • Verificar a Viabilidade do portfólio de produtos; • Decidir o início do planejamento de um dos produtos do portfólio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir interessados do projeto; • Definir escopo do produto; • Definir escopo do projeto; • Detalhar escopo do projeto; • Adaptar o modelo de referência; • Definir atividades e seqüências; • Preparar cronograma; • Avaliar Riscos; • Preparar orçamentos dos projetos; • Analisar a viabilidade econômica do projeto; • Definir indicadores de desempenho; • Definir plano de comunicação; • Planejar e preparar aquisições; • Preparar plano do projeto; • Avaliar/Aprovar fase;

Fonte: adaptado de Rozenfeld *et al.* (2006)

Quadro 2.4 - Objetivo e etapas de cada fase do desenvolvimento do PDP

Desenvolvimento					
FASE	Projeto informacional	Projeto conceitual	Projeto Detalhado	Preparação da produção	Lançamento do produto
Objetivo	A partir das informações levantadas no planejamento e em outras fontes, desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, chamado de especificações-meta do produto.	Essa fase tem como objetivo a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto.	Desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, para então serem encaminhadas para a manufatura.	Garantir que a empresa consiga produzir produtos no volume definido na declaração de escopo do projeto, com as mesmas qualidades do protótipo e que também atendam aos requisitos dos seus clientes durante o ciclo de vida do produto.	Colocar o produto no mercado, juntamente com o resultado da fase anterior, da produção, visando garantir a sua aceitação pelos clientes em potencial, que se constituíam em premissas do estudo de viabilidade econômico-financeira deste produto, desenvolvido e monitorado durante todo o processo de desenvolvimento de produtos.
Etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Atualizar o plano do projeto informacional; • Revisar e atualizar o escopo do produto; • Detalhar o ciclo de vida do produto e definir seus clientes; • Identificar os requisitos dos clientes do produto; • Definir os requisitos do produto • Definir especificações-meta do produto; • Monitorar a viabilidade econômica financeira; • Avaliar/aprovar fase; • Documentar as decisões tomadas e registrar as lições aprendidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atualizar o plano do projeto conceitual; • Modelar funcionalmente o produto; • Desenvolver princípios de solução para as funções; • Desenvolver as alternativas de solução para o produto; • Definir arquitetura; • Analisar Sistemas, subsistema e componentes (SSC); • Definir ergonomia e estética do produto; • Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento; • Selecionar a concepção do produto; • Definir plano macro de processo; • Atualizar estudo de viabilidade econômico-financeiro. • Avaliar/Aprovar fase; • Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atualizar o plano do projeto detalhado; • Criar e detalhar SSCs, documentação e configuração; • Decidir fazer ou comprar SSCs; • Desenvolver fornecedores; • Planejar processo de fabricação e montagem; • Projetar recursos de fabricação; • Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo; • Otimizar produto e processo; • Criar material de suporte do produto; • Projetar embalagem; • Planejar fim de vida de produto; • Testar e homologar produto; • Enviar documentação do produto a parceiros; • Monitorar a viabilidade econômico-financeiro; • Avaliar/Aprovar fase; • Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obter recursos de fabricação; • Planejar produção piloto; • Receber e instalar recursos; • Produzir lote piloto; • Homologar o processo; • Certificar produto; • Desenvolver processo de produção; • Desenvolver processo de manutenção; • Ensinar pessoal; • Monitorar viabilidade econômico-financeiro; • Avaliar fase; • Aprovar fase – liberação do produto; • Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planejar lançamento; • Desenvolver processo de vendas; • Desenvolver processo de distribuição; • Desenvolver processo de atendimento ao cliente; • Desenvolver processo de assistência técnica; • Promover marketing de lançamento; • Lançar produto; • Gerenciar lançamento; • Atualizar plano de fim de vida; • Monitorar viabilidade econômico-financeira; • Avaliar / aprovar fase; • Documentar as decisões tomadas, registrar as lições aprendidas e encerrar a macro-fase de desenvolvimento.

Fonte: adaptado de Rozenfeld *et al.* (2006)

Quadro 2.5 - Objetivos e etapas de cada fase do pós-desenvolvimento do PDP

Pós-Desenvolvimento		
FASE	Acompanhar produto/ processo	Descontinuar Produto
Objetivos	Garantir o acompanhamento do desempenho do produto na produção e no mercado, identificando necessidades ou oportunidades de melhorias e garantindo que a retirada cause o menor impacto possível aos consumidores, empresa e meio ambiente.	Definir o momento de início das atividades de descontinuidade do produto no contexto do ciclo de vida do produto, entendendo que elas devem ser iniciadas muito antes da macrofase de pós-desenvolvimento.
Etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a satisfação dos clientes; • Monitorar desempenho do produto (técnico, econômico, ambiental, de produção e de serviços); • Realizar auditoria pos projeto; • Registrar lições aprendidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar e aprovar descontinuidade do produto; • Planejar a descontinuidade do produto; • Preparar recebimento do produto; • Acompanhar o recebimento do produto; • Descontinuar a produção; • Finalizar suporte ao produto; • Avaliação feral e encerramento do projeto.

Fonte: adaptado de Rozenfeld *et al.* (2006)

O pré-desenvolvimento deve garantir que o direcionamento estratégico, definido *a priori* pela empresa no planejamento estratégico da corporação, as idéias de todos os atores interno e externos envolvidos com os produtos, e as oportunidades e restrições sejam sistematicamente mapeados e transformados em um conjunto de projetos bem definidos. Isso forma o portfólio dos projetos que deverão ser desenvolvidos (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Conforme Rozenfeld *et al.* (2006), com as saídas do pré-desenvolvimento, inicia-se a fase do desenvolvimento dos produtos, que abrange os projetos informacional, conceitual e detalhado, a preparação da produção e o lançamento do produto. Vale ressaltar que dada a natureza do processo de desenvolvimento, as mudanças devem ser feitas no início, quando o custo das alterações é menor.

Fechando a seqüência das macro-fases, segundo Rozenfeld *et al.* (2006), o pós-desenvolvimento compreende:

- conhecimento acumulado durante o desenvolvimento do produto;
- sistematização e documentação desses conhecimentos adquiridos para utilização em projetos futuros;
- retirada sistemática do produto do mercado;
- avaliação de todo o ciclo de vida *a posteriori* para averiguar o grau de acerto do produto.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), existem as seguintes abordagens para o PDP: tradicional ou seqüencial, metodologia de projeto, engenharia simultânea, *state-gates*, modelo de funil, *lean*, *design for six sigma*, modelo de maturidade, gerenciamento do ciclo de vida dos produtos. Essas quatro últimas abordagens são mais novas e ainda faltam pesquisas sistemáticas que permitam diferenciá-las claramente das anteriores.

Um processo eficaz e eficiente de desenvolvimento de produtos não é algo fácil de conseguir. Muitas empresas podem ter sucessos eventuais com um ou outro produto, mas são poucas as que alcançam êxito por meio de um processo de desenvolvimento eficiente, de forma sustentada e conduzido de modo planejado e articulado com as estratégias competitivas da empresa (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Rozenfeld *et al.* (2006) consideram que a abordagem *lean* no PDP traz as seguintes contribuições: visão mais orgânica do processo, atingido através da máxima simplificação dos trabalhos dos times, com foco nas atividades de prototipagem e testes; possibilidade de retardar ao máximo as decisões de detalhes muito específicos, pois o tempo despendido antecipadamente nesses detalhes deve ser investido em busca de alternativas de soluções e entendimento do problema de projeto.

2.4 Indicadores de desempenho no processo de desenvolvimento do produto

Os indicadores podem ser estabelecidos para os vários níveis da organização, a saber: estratégico, tático/gerencial e operacional. Em seu nível mais elevado, o estratégico, de maneira geral, são os indicadores mais relacionados aos objetivos e estratégias da organização. De acordo com o seu desdobramento na estrutura organizacional, os indicadores passam a ser mais influenciados pelos indicadores do nível imediatamente superior, mas sem perder de vista os objetivos e estratégias (PAULA, 2004).

Os indicadores escolhidos devem proporcionar medidas que gerem informações. Tais informações, por sua vez, devem ser capazes de oferecer possibilidades de melhorias (SINK & TUTTLE, 1993).

É importante ressaltar que todas as etapas do processo são passíveis de se estabelecer medidas para monitoramento de seu resultado. Mas cabe, dentro do processo de definição do sistema de indicadores, avaliar a importância da medida estabelecida frente ao resultado que se quer medir, que pode ser: a satisfação do cliente ou o desempenho do processo. Ou seja, a quantidade de medidas a serem efetuadas pode ser infinita, sendo necessário um filtro para priorizar as que realmente causam impacto e interessam como resultado para o negócio (PAULA, 2004).

Rosa (1996) apresenta as principais características que os indicadores de desempenho devem atender: não ambigüidade, facilidade de levantamento, facilidade de compreensão e facilidade de comparação.

Segundo Silva (2001), os sistemas de medição de desempenho contemplam, em sua maioria, a dimensão organizacional. Seus conceitos são válidos para o processo de desenvolvimento de produtos, pois a organização pode ser visualizada como um conjunto de processos. A abordagem dos sistemas de medição de desempenho tem evoluído, assim como o seu enfoque para o processo de desenvolvimento de produtos.

Kaydos (1998) enfatiza que é importante medir com foco em resultados ou com base no consumo de recursos. Ele apresenta uma lista ampla de indicadores utilizados em diversas empresas, compilados em artigos, estudo de casos e consultorias. Tais indicadores estão agrupados por categorias.

As ferramentas de medições existentes focam-se muito no nível da macro-estratégia com o mínimo de envolvimento dos projetistas e desenvolvedores dos produtos. Além disso, tem-se muito pouca evidência de trabalhos que examinam o desempenho no processo de

desenvolvimento de produtos. A maioria deles consideram o projeto e desenvolvimento como somente uma entrada no sistema de medição de desempenho (DRIVA *et al.*, 2000).

Conforme Silva (2001), normalmente, as pessoas ficam receosas de que os números possam ser usados para punir. Transformar a postura de cumprir obrigação para a de assumir compromisso necessita de harmonia, obtida quando se disponibilizam informações adequadas, reconhecimento e o equilíbrio entre pontos fortes e fracos. Surge, então, a necessidade de um momento planejado para reflexão do processo.

Ainda segundo Silva (2001), com o uso dos indicadores, de maneira sistemática ao longo do tempo, pode-se identificar as dificuldades ou facilidades da implementação de determinados indicadores; a carência de outros indicadores; a necessidade de suprimir alguns indicadores; a necessidade de rever o grau de prioridade e a relação entre os indicadores; o que agregou ao processo de desenvolvimento de produtos a implementação de indicadores; os recursos utilizados para a obtenção dos indicadores e seu respectivo retorno. Dessa forma, Silva (2001) propõe os indicadores dados pelo quadro 2.6 para o processo de desenvolvimento de produtos. Os indicadores de desempenho listados no quadro 2.6 mostram que o monitoramento do processo de desenvolvimento de produtos é importante para a melhoria contínua deste processo e tomada de ações em indicadores que não são eficazes.

O processo de desenvolvimento de produtos, tratado anteriormente, pode trazer uma vantagem competitiva para a empresa, visto que no mundo global o lançamento de novas tecnologias é essencial para a sobrevivência da empresa.

Este capítulo abordou os diversos modelos para desenvolvimento de produtos bem como os indicadores para medição deste processo. Os dois próximos capítulos apresentarão a filosofia *lean* e a integração desta filosofia no processo de desenvolvimento de produtos.

Quadro 2.6 - Quadro genérico de indicadores do processo de desenvolvimento de produtos

	Financeiros	Não Financeiros
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Participação no mercado; • Percentual da receita gerada por novos produtos; • Receita de novos produtos; • Meta de lucro; • IRR/ROI; • Crescimento da receita oriunda de novos produtos; • Custo das devoluções de novos produtos; • Valor dos pedidos dos novos produtos oriundos de novos clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfação do cliente; • Vantagem competitiva; • Aceitação do cliente; • Confiabilidade; • Número de reclamações devido à qualidade de projeto; • Tempo para desenvolvimento de novos produtos; • Número de novos produtos; • Número de novos clientes com pedidos de novos produtos; • Pontualidade da entrega dos novos produtos; • Relação dos novos produtos com total e produtos; • Participação de components recicláveis.
Meios	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo de recursos (investimento x tempo); • Percentual da receita Investido no processo de desenvolvimento de novos produtos; • Gastos com o desenvolvimento de novos produtos; • Custo do protótipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo para desenvolvimento de protótipos; • Número de não-conformidades nos lotes piloto; • Taxa de redução de peças; • Taxa interna de não conformidade de novos produtos; • Custo de não conformidade interna de novos produtos; • Qualificação dos funcionários que atuam no Desenvolvimento de produtos; • Rotatividade dos envolvidos no processo de Desenvolvimento de novos produtos; • Desempenho dos fornecedores que participam do Desenvolvimento de novos produtos; • Número de componentes-padrão nos novos produtos; • Mudanças no projeto para atender à capacidade do processo; • Competências de gestão do processo de desenvolvimento de produtos.

Fonte: Silva (2001)

Capítulo 3 – Filosofia *Lean*

Este capítulo irá apresentar uma breve discussão sobre o pensamento enxuto, princípios do pensamento enxuto, desperdícios relacionados ao pensamento enxuto, ferramentas *lean* e indicadores de desempenho para a produção enxuta.

3.1 Pensamento enxuto

Segundo Hines *et al.* (2004), a aplicação do pensamento enxuto provocou um impacto significativo nos círculos acadêmicos e industriais sobre a última década. Houve um desenvolvimento do pensamento enxuto devido a uma propagação rápida em muitos setores de indústria, além do próprio setor automobilístico.

De acordo com Womack e Jones (2004), o pensamento enxuto (ou *lean thinking*) é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Em suma, o pensamento enxuto é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos, ou seja, menos esforço humano, equipamento, tempo e espaço e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam. Sendo assim, a base do pensamento enxuto é localizar e eliminar os desperdícios, sendo eles tudo o que não agrega valor ao cliente.

Segundo Womack, Jones e Roos (1992), a verdadeira importância da indústria japonesa está no fato de não ter replicado o enfoque da produção em massa norte-americano. Os japoneses estavam desenvolvendo uma maneira nova de se produzir, que chama-se produção enxuta.

Como mencionado por Womack, Jones e Roos (1992), “a grande diferença entre o produtor enxuto e o produtor em massa é a constante busca pela perfeição, seja ela no processo ou produto.” O produtor enxuto combina as vantagens das produções artesanal e em massa, evitando os altos custos dessa primeira e a rigidez desta última. Com essa finalidade, emprega na produção enxuta equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir imensos volumes de produtos de ampla variedade.

A eficiência do modelo clássico (taylorista-fordista) na fabricação de grandes volumes iguais (produção em massa para consumo em massa) era questionada pelo sucesso da produção enxuta (*lean production* ou modelo japonês), que utilizava um sistema produtivo em que

diferentes produtos poderiam ser fabricados na mesma configuração produtiva ou cédula de produção, eliminando desperdícios na produção e defeitos no produto final (LIMA, 2004).

Segundo Invernizzi (2006), a produção, por sua vez, praticada dentro dos princípios Lean de Manufatura assume características opostas a produção em massa. Os estoques são reduzidos, o comprometimento do trabalhador no processo produtivo é maior, a multifuncionalidade é incentivada para dar suporte a novas responsabilidades que são assumidas pelos trabalhadores, possibilitando assim a redução dos lotes de fabricação, redução no lead time, isto é, redução no tempo a partir da colocação do pedido pelo cliente até o momento em que o produto esteja disponível para embarque, além do incremento na qualidade dos produtos.

Ainda segundo Invernizzi (2006), o sucesso alcançado pelo sistema criado por Ohno foi tão grande que o sistema ultrapassou os muros das fábricas da Toyota e hoje em dia é um modelo que está sendo seguido por outras empresas em diversas partes do mundo. No caso específico do Brasil, podem-se encontrar vários exemplos de empresas que adotaram o Sistema *Lean* de Manufatura e obtiveram expressivos resultados. Dentre as diversas empresas que adotaram o sistema, dois exemplos bastante conhecidos são os das empresas Mercedes Benz e a General Motors.

A perseguição constante pela eliminação das atividades que não agregam valor ao processo/produto fez com que a Toyota se transformasse no principal exemplo a ser citado quando se refere às empresas *lean*, isto é, empresas enxutas com produtos de alto conceito de qualidade. A produção enxuta, também conhecida como produção puxada, começa a tomar vulto com a necessidade de possuir um diferencial em relação aos demais concorrentes e em função de um mercado que começa a ficar cada vez mais competitivo e exigente (INVERNIZZI, 2006).

Segundo Shingo (1996), toda produção, executada tanto na fábrica como no escritório, deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações. Processos transformam matéria prima em produtos. Operações são ações que executam essas transformações. Esses conceitos fundamentais e sua relação devem ser entendidos para alcançar melhorias efetivas na produção. Para maximizar a eficiência da produção, Shingo (1996) sugere analisar profundamente e melhorar o processo antes de tentar melhorar as operações.

Para Womack e Jones (2004) o pensamento enxuto não tem a intenção de promover uma “reengenharia de processo” através da eliminação de postos de trabalho, mas sim de tornar o trabalho mais interessante e satisfatório, oferecendo um feedback imediato sobre os esforços para transformar o desperdício em valor.

O crescimento significativo da aplicação do pensamento enxuto nas organizações ocorreu devido a sua nova concepção, validada pelos seus resultados. Concomitantemente, a abordagem enxuta passou a ser o tema de várias pesquisas (HINES, HOLWEG e RICH, 2004; FEARNE e FOWLER, 2006; KEMPTON, 2006).

Ainda Segundo Womack e Jones (2004) as etapas necessárias para a transformação de uma empresa tradicional em empresa enxuta podem ser divididas em quatro fases: início do processo, criação de uma nova organização, instalação de sistemas de negócios e finalização da transformação; onde essas quatro fases podem durar aproximadamente cinco anos.

3.2 Princípios do pensamento enxuto

Womack e Jones (2004) estabeleceram cinco princípios para o pensamento enxuto para toda a empresa. Eles são discutidos nos tópicos a seguir.

3.2.1 Valor

É a capacidade oferecida a um cliente no momento certo a um preço adequado, conforme definido pelo cliente.

Muitas empresas têm dificuldade em definir o valor certo porque embora a criação de valor frequentemente flua através de muitas empresas, cada uma tende a definir valor da forma mais adequada às próprias necessidades. Quando essas definições diferentes são reunidas, em geral a soma não gera um bom resultado.

A tarefa mais importante na especificação do valor, depois de definido o produto, é determinar o custo alvo com base no volume de recursos e nos esforços necessários para fabricar um produto com determinadas especificações e capacidades, se todo desperdício visível no momento for eliminado do processo. Este é o segredo para a diminuição do desperdício. Uma vez definido o custo alvo para um produto específico, esse custo se torna a lente para examinar cada etapa do fluxo de valor para o desenvolvimento do produto, entrada de pedidos e produção.

3.2.2 Fluxo de valor

São as atividades específicas necessárias para projetar, pedir e oferecer um produto específico, da concepção ao lançamento, do pedido à entrega, e da matéria-prima às mãos dos clientes;

Da mesma forma que as atividades que não podem ser medidas não podem ser adequadamente gerenciadas, as atividades necessárias para criar, pedir e produzir um produto específico que não possam ser precisamente identificadas, analisadas e associadas não podem ser questionadas, melhoradas (ou inteiramente eliminadas) e, por fim, aperfeiçoadas.

O objetivo inicial é a criação de um mapa do fluxo de valor que identifique as ações necessárias para projetar, pedir e produzir um produto específico e dividi-las em três categorias:

- a) aquelas que criam valor, conforme pedido do cliente;
- b) aquelas que não criam valor, mas são necessárias para o sistemas de desenvolvimento do produto, atendimento dos pedidos ou produção e;
- c) ações que não criam valor e podem ser eliminadas imediatamente.

Conforme Milard (2001), este método pode não ser uma garantia de sucesso, no entanto, se utilizado como parte de uma transição global para o *lean*, seria portanto uma ferramenta útil para o entendimento e melhoria do processo de desenvolvimento de produto.

3.2.3 Fluxo

Trata-se da realização progressiva de tarefas ao longo do fluxo de valor para que um produto passe da concepção ao lançamento, do pedido à entrega e da matéria-prima às mãos do cliente sem interrupções, refugos ou retrofluxos;

Todas as atividades podem ser transformadas em fluxo. É quando começamos a pensar em formas de alinhar todas essas etapas essenciais necessárias a realização do trabalho em fluxo estável e contínuo, sem movimentos inúteis, sem interrupções, sem lotes e sem filas.

Qualquer organização pode introduzir fluxo em qualquer atividade, já que os princípios são os mesmos em todos os casos. Aplicando todas as técnicas enxutas, o valor passa a fluir continuamente.

3.2.4 Produção puxada

Trata-se do sistema de produção e instruções de entrega das atividades na qual nada é produzido pelo fornecedor sem que o cliente sinalize uma necessidade;

A melhor forma de compreender a lógica e o desafio do conceito de puxar é começar com um cliente real expressando a demanda por um produto real e caminhar no sentido inverso, percorrendo todas as etapas necessárias para levar o produto ao cliente.

3.2.5 Perfeição

Busca pela eliminação de desperdício para que todas as atividades ao longo de um fluxo de valor criem valor.

3.3 Desperdícios relacionados ao pensamento enxuto

O termo produção enxuta (*lean production*) foi proposto por pesquisadores americanos de forma a traduzir ao mundo ocidental as técnicas utilizadas pela Toyota, introduzidas por Womack, Jones e Roos (1992). Posteriormente, Womack e Jones (2004) ampliaram o termo para pensamento enxuto (*lean thinking*), enfatizando que o mesmo se aplica a toda empresa. Dessa forma, o pensamento enxuto pode tornar-se uma abordagem do PDP.

A base do conceito do pensamento enxuto é a eliminação dos desperdícios dentro das empresas. Segundo Ohno (1997), desperdício se refere a todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor, ou seja, são as atividades que não agregam valor ao produto, do ponto de vista do cliente, mas são realizadas dentro do processo de produção. Ohno, engenheiro e criador do Sistema Toyota de Produção (STP), foi o primeiro a descrever os sete tipos de desperdícios possíveis de serem encontrados dentro do processo produtivo. Shingo (1996) considera que os sete desperdícios para o TPS são:

- a) Superprodução: produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de inventário;
- b) Espera: longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em *lead times* longos;
- c) Transporte excessivo: movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;
- d) Processos inadequados: utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva;
- e) Inventário desnecessário: armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixo desempenho do serviço prestado ao cliente;
- f) Movimentação desnecessária: desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens;
- g) Produtos defeituosos: problemas freqüentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixo desempenho na entrega.

Para Ohno (1997) o STP tem enfoque principal na redução de custo através da eliminação sistemática de qualquer elemento que seja desnecessário na produção, mas traz benefícios tanto no sentido de se aumentar o giro de capital (receita/despesas), quanto na melhoria da produtividade como um todo.

Segundo Leal (2003), o conhecimento do *Just in Time*, apesar de ter sido originado a partir de processos de manufatura, contribui para o enriquecimento da análise do mapeamento e caracterização de processos de prestação de serviço. Um dos principais focos da filosofia *Just in Time* é a redução de desperdícios. Neste sentido, a observação do processo do ponto de vista da agregação de valor é fundamental.

3.4 Ferramentas *lean*

Com a finalidade de eliminar esses sete desperdícios, Godinho Filho e Fernandes (2004) apresentaram no quadro 3.1 as ferramentas aplicáveis a cada um dos princípios mais importantes da manufatura enxuta.

Quadro 3.1: Princípios da manufatura enxuta e ferramentas aplicáveis.

Princípios	Ferramentas
Determinar valor para o cliente, identificando cadeia de valor e eliminando desperdícios	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • Melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores; • Recebimento/fornecimento <i>just in time</i>.
Trabalho em fluxo/simplificar fluxo	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia de grupo; • Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução tamanho de lote; • Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i>/produção sincronizada; • Manutenção produtiva total (TPM).
Produção puxada/ <i>just in time</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kanban</i>; • Redução do tempo de <i>set up</i>.
Busca da perfeição	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kaizen</i>;
Autonomação/qualidade seis sigma	<ul style="list-style-type: none"> • Ferramentas de controle da qualidade; • Zero defeito; • Ferramentas <i>poka yoke</i>.
Limpeza, ordem e segurança	<ul style="list-style-type: none"> • 5 S.
Desenvolvimento e capacitação de recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Empowerment</i> ; • Trabalho em equipes; • Comprometimento dos funcionários e da alta gerência; • Trabalhador multi-habilitado/rodízio de funções; • Treinamento de pessoal.
Gerenciamento visual	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de performance/<i>balanced scorecard</i>; • Gráficos de controle visuais.
Adaptação de outras áreas da empresa ao pensamento enxuto	<ul style="list-style-type: none"> • Modificação de estrutura financeira/custos; • Ferramentas para projeto enxuto (DFMA, etc.).

Fonte: adaptado de Godinho Filho e Fernandes (2004)

Segundo Borchardt (2005), os conceitos relativos a sistemas enxutos têm sido aplicados pela indústria automotiva e manufatura em geral e até mesmo, ainda de forma mais incipiente, em processos administrativos ou empresas de outros segmentos de atuação. A Mentalidade Enxuta é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência de ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e de modo cada vez mais eficaz. É uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço – e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de se oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam. Ainda segundo essa autora, embora a criação de valor freqüentemente flua através de muitas empresas, cada uma tende a definir valor da forma mais adequada às próprias necessidades. Quando essas definições diferentes são reunidas, em geral, a soma não gera bons resultados. Em função disso, surge a necessidade fundamental das empresas repensarem o valor.

Produtores precisarão conversar de modo diferente e inovador com os clientes e as empresas que compõem o sistema de valor necessitarão estabelecer novas formas de comunicar entre si. Segundo Dias (2003), a produção enxuta é baseada em princípios e técnicas. Alguns deles afetam as mais diversas funções da empresa e se estendem até os clientes e fornecedores. A implementação dos princípios enxutos deve ser feita de maneira gradual. Dessa forma, a escolha dos indicadores mais apropriados para fazer o acompanhamento desta implementação se faz necessário.

A afirmativa feita por Dias (2003) é complementada por Shemenner e Vollmann (1994) que colocam que em inúmeras empresas, uma quantidade considerável de recursos se esvai na tentativa de se conseguir avanços na utilização de indicadores inadequados, sendo que gerentes bem intencionados se vêem envolvidos pelas pressões do próprio sistema para se chegar ao objetivo de melhorar estes indicadores. Segundo eles, dois erros são cometidos:

- a utilização de indicadores inadequados, que conduzem ao dispêndio de tempo gasto pelos gerentes tentando melhorar alguma coisa que tem pouco impacto no resultado da empresa, e
- a falha em utilizar o indicador correto, fazendo que algo importante na empresa seja desprezado.

3.5 Mapeamento *lean*

A análise de fluxo de processos é uma ferramenta para avaliar uma operação em termos de seqüência de passos desde os recursos de entrada no sistema até as saídas. Segundo Soliman (1998), o mais importante elemento para a abordagem de processo é o seu mapeamento, pois torna mais fácil determinar onde e como melhorar. Acredita-se que o mapeamento permita determinar e focar o cliente, eliminar atividades que não adicionam valor e reduzir a complexidade dos processos.

As principais técnicas existentes para a representação das atividades de um processo são:

- Fluxogramas: conforme Solimon (1998), é uma técnica usada para detalhar o processo de negócio focando os elementos importantes que influenciam em seu comportamento atual.
- Mapofluxogramas: para Barnes (1992), é a representação do fluxograma do processo em uma planta de edifício ou na própria área em que a atividade se desenvolve;
- Técnicas IDEF0 a IDEF9: Tseng *et al* (1999) definem como sendo diagramas que representam a rede de “comportamentos” do cliente;

- Mapeamento do fluxo de valor: segundo Rother e Shook (2000), é uma ferramenta que possibilita uma visualização mais integrada entre os processos, proporcionando a implementação de melhorias sistemáticas e permanentes, que tem como objetivo a eliminação dos desperdícios e a identificação de suas fontes.

O mapeamento do processo de desenvolvimento de produto focando a redução de desperdícios é realizado de forma a determinar o nível de agregação de valor das atividades para o cliente. Nesse sentido, o mapeamento do fluxo de valor ou mapeamento *lean* parece ser a ferramenta mais indicada para se atingir os objetivos da presente pesquisa.

Conforme Milard (2001), o método de mapeamento do fluxo de valor para o desenvolvimento de produtos seguirá o esquema de melhoria apresentado a seguir, iniciando com a seleção e treinamento do time de mapeamento e terminando com a implementação do novo processo e melhoria contínua:

- a) Treinamento do time no mapeamento do fluxo de valor;
- b) Seleção do fluxo de valor para melhoria;
- c) Definir os elementos do fluxo de valor;
- d) Analisar e mapear o estado atual,
- e) Analisar um mapa futuro ou um mapa ideal;
- f) Implementar novos processos;
- g) Melhoria contínua.

3.6 Indicadores de desempenho para a produção enxuta

Segundo Sánchez e Pérez (2001), foram relacionados indicadores de desempenho para a produção enxuta, divididos em seis grupos (eliminação das atividades que não agregam valor, melhoria contínua, equipes multifuncionais, produção e entrega *just in time*, integração de fornecedores e sistemas de informação flexíveis), sendo que cada grupo é composto de procedimentos básicos da produção enxuta que contribuem para melhorar o desempenho da empresa. A figura 3.1 ilustra a estrutura básica do modelo de acordo com os princípios encontrados na literatura sobre produção enxuta. Para esses autores a empresa necessitaria de um *check list* para verificar passo a passo a implementação da filosofia *lean*, sendo necessário a seqüência definida na figura para acompanhar as mudanças que acontecerem na empresa.

Ainda segundo Sánchez e Pérez (2001), tem-se para os grupos citados anteriormente os indicadores referenciados nos quadros 3.2 a 3.7.

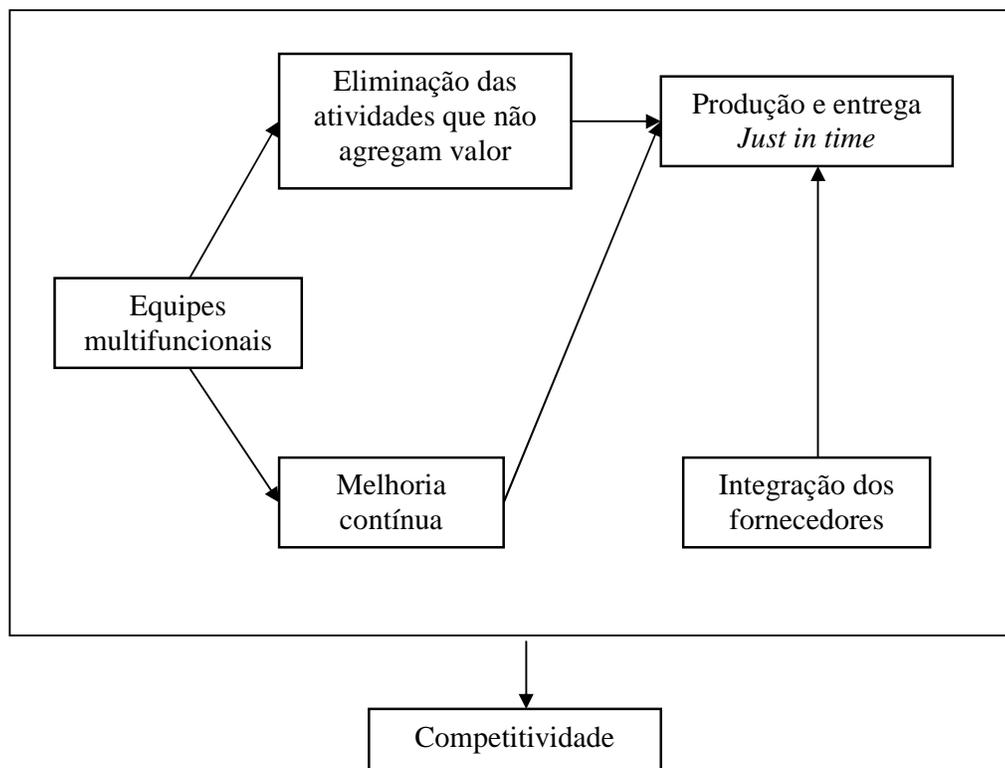


Figura 3.1: Sistemas de informação flexíveis

Fonte: Sánchez e Pérez (2001)

Quadro 3.2 - indicadores referentes à eliminação das atividades que não agregam valor

Indicador	Descrição	Mudança
EF1	Percentual de peças comuns nos produtos da empresa.	↑
EF2	Valor do estoque em processo em relação ao valor das vendas.	↓
EF3	Rotação de inventário.	↑
EF4	Número de vezes e distâncias percorridas pelas peças no chão de fábrica.	↓
EF5	Quantidade de tempo necessária para alterações nas linhas.	↓
EF6	Percentual de manutenção preventiva sobre a manutenção total.	↑
↑ O indicador deve aumentar para progredir o sistema enxuto e ↓ o indicador deve diminuir para progredir o sistema enxuto.		

Fonte: Sánchez e Pérez (2001)

Quadro 3.3 - Indicadores referentes a melhoria contínua

Indicador	Descrição	Mudança
MC1	Número de sugestões dos empregados.	↑
MC2	Percentual de sugestões implementadas.	↑
MC3	Economia e benefícios das sugestões.	↑
MC4	Percentual das inspeções realizadas através do controle autônomo de defeitos.	↑
MC5	Percentual de peças defeituosas ajustadas pelos trabalhadores na linha.	↑
MC6	Número de horas-máquina parado devido a quebras em relação ao total de tempo de máquina.	↓
MC7	Valor do refugo/retrabalho em relação às vendas.	↓
MC8	Número de pessoas dedicadas a atividades de controle de qualidade.	↓
↑ O indicador deve aumentar para progredir o sistema enxuto e ↓ o indicador deve diminuir para progredir o sistema enxuto.		

Fonte: Sánchez e Pérez (2001)

Quadro 3.4 - Indicadores referentes à produção e entrega *Just in time*

Indicador	Descrição	Mudança
P1	<i>Lead time</i> dos pedidos dos clientes.	↓
P2	Percentual das peças entregues <i>just in time</i> pelos fornecedores.	↑
P3	Nível de integração entre as entregas dos fornecedores e o sistema de controle de produção da empresa.	↑
P4	Percentual de peças entregues <i>just in time</i> entre seções da produção.	↑
P5	Tamanho dos lotes de produção.	↓
↑ O indicador deve aumentar para progredir o sistema enxuto e ↓ o indicador deve diminuir para progredir o sistema enxuto.		

Fonte: Sánchez e Pérez (2001)

Quadro 3.5 - Indicadores referentes a equipes multifuncionais

Indicador	Descrição	Mudança
EQ1	Percentual dos empregados trabalhando em equipes.	↓
EQ2	Número e porcentagem de tarefas realizadas pelas equipes.	↑
EQ3	Percentual de empregados que realizam várias tarefas na empresa.	↑
EQ4	Frequência média da rotação das tarefas.	↑
EQ5	Percentual dos líderes de equipes que são eleitos por sua própria equipe de trabalho.	↓
↑ O indicador deve aumentar para progredir o sistema enxuto e ↓ o indicador deve diminuir para progredir o sistema enxuto.		

Fonte: Sánchez e Pérez (2001)

Quadro 3.6 - Indicadores referentes a integração dos fornecedores

Indicador	Descrição	Mudança
I1	Percentual de peças e componentes projetados em parceria com os fornecedores.	↑
I2	Número de sugestões realizadas pelos fornecedores.	↑
I3	Frequência com que os técnicos dos fornecedores visitam a empresa.	↑
I4	Frequência com que os fornecedores são visitados por técnicos da empresa.	↑
I5	Percentual de documentos trocados com os fornecedores através de transferência eletrônica de dados ou <i>intranet</i> .	↑
I6	Tamanho médio dos contratos com os mais importantes fornecedores.	↑
I7	Número médio de fornecedores para as peças mais importantes.	↓
↑ O indicador deve aumentar para progredir o sistema enxuto e ↓ o indicador deve diminuir para progredir o sistema enxuto.		

Fonte: Sánchez e Pérez (2001)

Quadro 3.7 - Indicadores referentes a sistemas de informação flexíveis

Indicador	Descrição	Mudança
S1	Frequência com que as informações são repassadas aos empregados.	↑
S2	Número de reuniões informativas entre os gerentes e os empregados.	↑
S3	Percentual de procedimentos escritos arquivados na empresa.	↑
S4	Percentual de equipamentos de produção integrados por computador.	↑
S5	Número de decisões que os empregados podem tomar sem controle do supervisor.	↑
↑ O indicador deve aumentar para progredir o sistema enxuto e ↓ o indicador deve diminuir para progredir o sistema enxuto.		

Fonte: Sánchez e Pérez (2001)

Os indicadores de desempenho voltados para o monitoramento da filosofia *lean* listados nos quadros 3.2 a 3.7 podem mostrar o sucesso ou insucesso na implementação e manutenção da filosofia.

Devido a competitividade entre as empresas, a eliminação dos desperdícios e a aplicação da mentalidade enxuta nas mesmas é um fator importante para a manutenção no mercado.

Este capítulo apresentou o pensamento enxuto, princípios do pensamento enxuto, desperdícios relacionados ao pensamento enxuto, ferramentas *lean* e indicadores de desempenho para a produção enxuta. O próximo capítulo apresentará a integração entre o processo de desenvolvimento de produtos e a filosofia *lean*. Essa integração vem sendo denominada *lean development* ou desenvolvimento *lean* de produtos.

Capítulo 4 – Desenvolvimento de produtos *lean*

Este capítulo irá apresentar uma discussão a respeito do desenvolvimento de produtos *lean* também conhecido como *lean development*, os desperdícios no processo de desenvolvimento *lean* e como realizar a implementação da abordagem *lean* de desenvolvimento de produtos.

4.1 Definição do desenvolvimento de produtos *lean*

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), o desenvolvimento *lean*, também conhecido com *lean development*, é uma abordagem para a gestão do desenvolvimento de produto baseada nos princípios da manufatura enxuta, cujos princípios básicos são a busca pela maximização do valor agregado no produto ao cliente, diminuição dos desperdícios e busca da melhoria contínua em direção a perfeição.

Considerando o processo de desenvolvimento de produtos, a implementação da filosofia *lean* é relativamente simples. Para esclarecer, a implementação no PDP não é analiticamente complexa nem requer altos investimentos em equipamentos, que é frequentemente requerido na manufatura. Em adição, benefícios incrementais que são realizados podem suportar a implementação (FIORE, 2005).

Ainda segundo esse autor, por outro lado, a implementação do *lean* no processo de desenvolvimento de produtos não é fácil. Em muitas companhias, o processo de desenvolvimento de produtos não tem mudado ou tido mudança ao longo do tempo. Em adição, o fator humano deve ser considerado, junto com a tendência natural das pessoas serem resistentes às mudanças. Entretanto, companhias que gerenciam equipes dentro da filosofia *lean*, comunicando a visão da empresa, facilitando a implementação, tem atingido melhorias drásticas e rápidas.

Para Fiore (2005), a correlação entre manufatura e PDP pode ser vista na figura 4.1. Conseqüentemente, as atividades que cercam o desenvolvimento de produtos são adquirir, transformar e integrar informações.

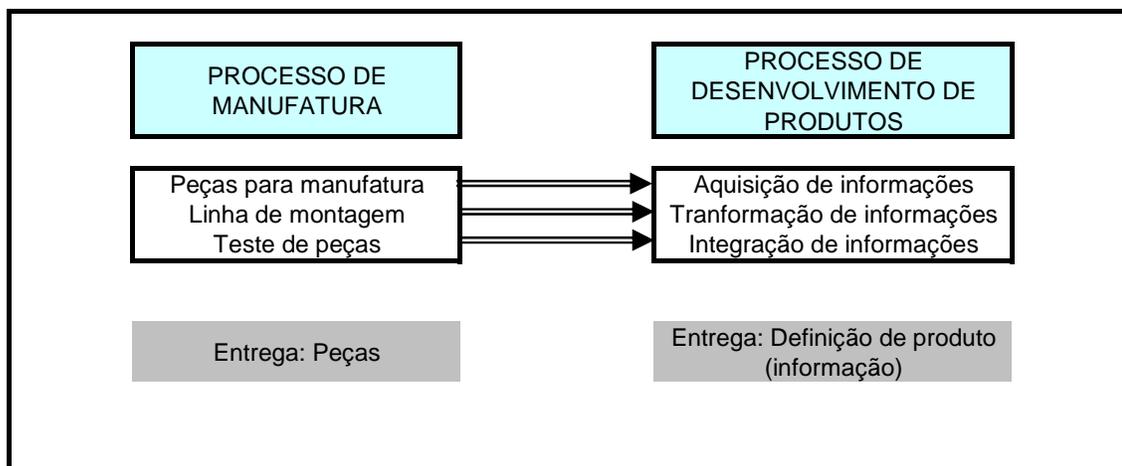


Figura 4.1 – Correlação entre Processo de Manufatura e PDP

Fonte: Fiore (2005)

Para Bauch (2004), aplicar os princípios de *lean manufacturing* na área de desenvolvimento de produtos não é tão fácil e tem que ser discutido completamente já que existem diferenças entre ambas. Mas, similar à manufatura, o PDP é uma concatenação de diferentes processos e subprocessos, onde aqueles exibem níveis muito mais elevados de complexidade, quando comparado com a natureza do desenvolvimento de produto.

Segundo Pessôa (2006), o processo de desenvolvimento de produtos é uma importante fonte de vantagem competitiva. Enquanto na manufatura o principal fluxo é o de materiais, no desenvolvimento de produtos a ênfase está no fluxo de informações. Conforme a informação flui e amadurece através do processo, as atividades executadas adicionam valor transformando os dados brutos iniciais no valor a ser entregue ao cliente, através das dimensões de produto, processo e organização.

Ainda segundo esse autor, riscos, incertezas e complexidade inerentes ao processo de desenvolvimento afetam diretamente os indicadores da qualidade e custos do produto, tempo (*lead time*) e custo de desenvolvimento, e o aumento da maturidade da capacidade da empresa desenvolver, com sucesso, novos projetos.

A identificação do valor é um dos fatores críticos para o sucesso do desenvolvimento. Problemas que passem despercebidos nesta fase são os mais caros para resolver e são os que causam mais desperdícios e conseqüente retrabalho. Em um projeto, identificar valor significa entender as características necessárias do produto e/ou serviço e determinar o valor que os interessados envolvidos no programa esperam receber durante todo o ciclo de vida do

produto: o foco está no fluxo de informações, o qual normalmente é não linear e interativo (PESSÔA, 2006).

Segundo Machado (2006), a implementação da filosofia *lean* no PDP pode seguir a estrutura de projetos segundo a figura 4.2. No estudo de caso piloto realizou-se o mapeamento do fluxo de valor na empresa objeto de estudo, utilizando o passo 4. A simulação computacional irá ajudar a validar os passos 5 e 6. Como o foco deste trabalho trata da identificação dos desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos e não da implementação do *lean development* na empresa objeto de estudo, optou-se por adotar os passos 4, 5 e 6 do modelo do Machado (2006). Esse modelo foi adotado por se tratar de um dos poucos encontrados na literatura que foram propostos a partir de uma pesquisa científica, uma vez que esse tema ainda é bastante incipiente.

Ainda segundo Bauch (2004), a melhoria do desempenho do processo quase sempre começa com as análises e entendimento do estado atual e dos problemas presentes em ordem para revelar os gargalos no processo.

O desenvolvimento de novos produtos mais rápido do que outras empresas pode proporcionar uma formidável arma estratégica para o sucesso em mercados cada vez mais turbulentos. Uma explicação para o sucesso da indústria japonesa de automóveis é a habilidade de trazer e introduzir no mercado produtos mais rapidamente e com menos esforços do que seus concorrentes ocidentais podem fazer. Entretanto, o desenvolvimento e implantação das técnicas para ganhar os benefícios foram feitos em décadas pela Toyota e outras companhias japonesas (KARLSSON e AHLSTRÖM, 1996).

Segundo Karlsson e Ahlström (1996), o desenvolvimento *lean* promete melhorar a posição competitiva da empresa. Esta implantação oferece o potencial para um desenvolvimento de produto mais rápido, com poucas horas de engenharia, melhorando a manufaturabilidade dos produtos, aumentando a qualidade, diminuindo os problemas iniciais da produção e oferecendo mais tempo para o *marketing*. Claro que com todas essas melhorias aumenta-se a probabilidade de sucesso. Assim, o desenvolvimento de produtos *lean* deveria fazer parte da estratégia do produto.

Ainda segundo esses autores, um ponto importante a ser observado é que o desenvolvimento de produtos *lean* não deveria ser confundido com as técnicas do pensamento enxuto. Assim, implementar uma ou poucas técnicas contidas no conceito geral não é necessário para atingir o desenvolvimento de produtos enxuto.

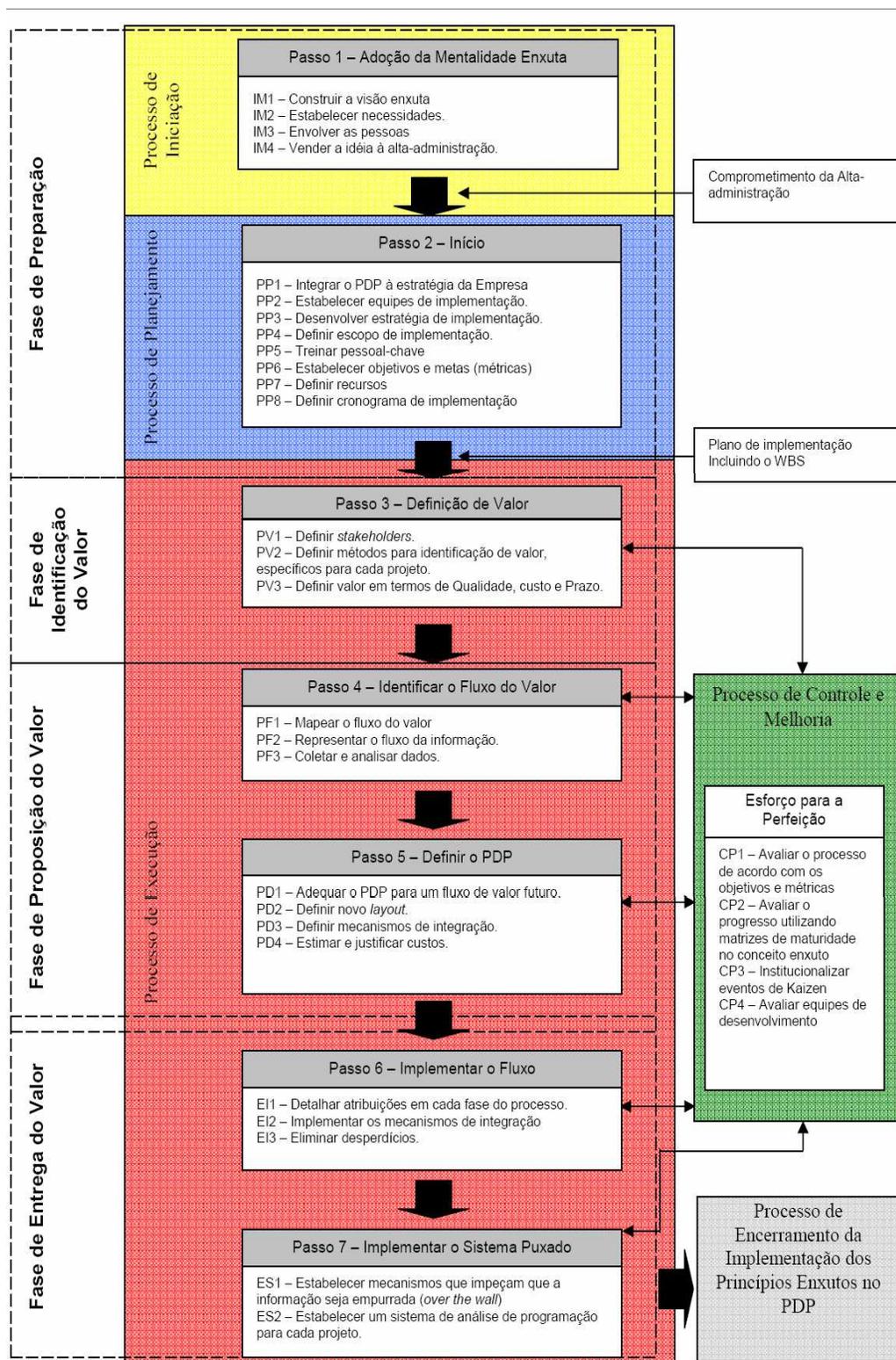


Figura 4.2 – Estrutura proposta para implementação da abordagem *lean* no PDP

Fonte: Machado (2006)

4.2 Desperdícios no desenvolvimento de produtos *lean*

Além dos sete desperdícios levantados por Shingo (1996) para o pensamento enxuto, Bauch (2004) acrescenta ainda três desperdícios para o processo de desenvolvimento de produtos:

- a) **reinvenção:** o desperdício está em reinventar processos, soluções, métodos e produtos que já existem ou que somente necessitariam de poucas modificações para torná-los adequados ao problema em questão;
- b) **falta de disciplina:** o desperdício está em objetivos e metas mal definidos; papéis, responsabilidades e direitos mal elaborados; regras mal redigidas; definição pobre de dependência entre atividades; insuficiente predisposição para cooperar; incompetência ou treinamento pobre.
- c) **Integração de TI:** a grande variedade de componentes de TI (*hardware, software, redes, etc.*) e o desafio de conseguir mapear todo o processo de desenvolvimento de forma integrada que viabilize não somente o uso das ferramentas atuais, mas, também, as futuras, leva a problemas de compatibilidade, capacidade e disponibilidade baixos.

O quadro 4.1 mostra uma comparação da definição dos desperdícios para manufatura e sua adaptação para o processo de desenvolvimento de produtos.

Para Bauch (2004) o desenvolvimento de produto é diferente da manufatura, pois pode ser compreendido como algum tipo da fábrica de criação de informação: criar informação, recolher e avaliar e reduzir o risco e a incerteza ao mesmo tempo com o alvo para desenvolver gradualmente um produto novo e sem erros que, então, possa ser realizado na fábrica. No contraste, o alvo da manufatura é reproduzir sem erros exatamente o mesmo produto repetidas vezes. Dependente no setor industrial que pode variar no valor entre dúzias e centenas dos milhares.

Segundo Sohal e Egglestone (1994), as perguntas a respeito do desenvolvimento e manufatura de novos produtos foram formuladas primeiramente para avaliar as potencialidades da produção enxuta da organização na área de pesquisa e de desenvolvimento. Os fabricantes enxutos orgulham-se da rotação rápida em idéias novas através de três características principais, que são: liderança forte, times eficazes e boa comunicação.

Quadro 4.1 - Relação entre os desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos e na manufatura

Desperdícios		Desenvolvimento de produtos	Manufatura
1	Espera	Capacidade disponível do homem ou máquina.	Material e partes de operações procedentes.
		Informações esperando por pessoas.	Manutenção.
		Espera por dados, respostas, especificações, requerimentos, resultados de testes, aprovações, decisões, eventos de revisão, assinaturas.	Ferramentas.
			Operadores.
		Fila para operações adicionais.	
2	Transporte	Excessivo tráfego de dados.	Movimento excessivo de peças, matérias, peças e produtos.
		Ir e vir das tarefas/tarefas interrompidas.	Movimentação para armazenamento
		Comunicação ineficiente.	Tirar e colocar o material/produto /peça.
3	Movimentação desnecessária	Locais remotos.	Movimentos mínimos dos operadores (alcançar, dobrar-se, fazer força).
		Busca de informações.	
		Falta de acesso direto.	
4	Processos inadequados	Precisão e detalhes desnecessários.	Superdimensionamento do processo, máquinas e equipamentos.
		Processos e características desnecessários.	
		Uso inapropriado de competências.	
		Uso inapropriado de ferramentas e métodos.	Precisão desnecessária do produto ou processo, não compatível com a real necessidade do cliente.
		Precisão excessiva.	
Transações excessivas.			
5	Inventário	Armazenamento excessivo de dados.	Estoque excessivo de matéria-prima, produtos semi-acabados e produtos acabados comparados com a demanda do cliente.
		Testes de equipamentos e protótipos desnecessários.	Filas.
		Filas no caminho crítico.	Estoque entre operações.
6	Superprodução	Baixo sincronismo do tempo considerado e a capacidade.	Produzir a mais do que o requerido pelo cliente.
		Baixo sincronismo dos conteúdos considerados.	
		Excesso de disseminação de informação.	Produzir antes do requerido pelo cliente.
		Redundância das tarefas.	
7	Defeitos	Informação com qualidade deficiente.	Componentes, materiais, sub-montagens ou produtos que não possui a qualidade requerida.
		Dados e informações errôneas.	Defeitos internos na produção.
		Testes e verificações pobres.	Defeitos com fornecedores.
8	Reinvenção	Reutilização pobre de projetos.	Não aplicável.
		Reutilização pobre de conhecimento.	
9	Falta de disciplina	Objetivos e metas mal definidos.	Não aplicável.
		Papéis, responsabilidades e direitos mal definidos.	
		Regras mal definidas.	
		Definição pobre de dependência entre atividades.	
		Insuficiente predisposição para cooperar.	
Incompetência/treinamento pobre.			
10	Limitações nos recursos de TI	Compatibilidade pobre.	Não aplicável.
		Capabilidade pobre.	
		Baixa capacidade.	

Fonte: adaptado de Bauch (2004)

Segundo Mascitelli (2004), existem cinco princípios do desenvolvimento *lean* que auxiliam a empresa a eliminar os desperdícios e atingir a excelência em desenvolvimento e projeto de novos produtos, que são:

- Definição precisa de qual é o problema do cliente e identificar a função específica que pode ser utilizada para resolver o problema;
- Identificar o processo mais rápido pelo qual as funções especificadas poderão integrar com a alta qualidade e baixo custo do produto;
- Eliminar qualquer custo desnecessário ou redundante para atingir a solução ótima do produto;
- Ouvir frequentemente e interativamente o cliente através do processo de desenvolvimento de produto;
- Encaixar ferramentas para redução de custo e métodos dentro das práticas dos negócios e na cultura, para ser capaz de uma redução contínua de custos.

4.3 Implementação do desenvolvimento *lean* de produtos

Segundo Karlsson e Ahlström (1996), para a implementação do desenvolvimento *lean*, a organização deve:

- a) Utilizar tempo suficiente na criação de um entendimento de todo o conceito;
- b) Concretizar continuamente a função do produto e do processo de manufatura, junto com pulmões enxutos;
- c) Combinar a gestão estratégica dos objetivos com o desdobramento hierárquico desses objetivos;
- d) Instituir uma cooperação próxima dos clientes e fornecedores, onde os fornecedores sejam apropriadamente remunerados;
- e) Dar foco no cruzamento funcional em toda organização, criado através da união dos representantes da direção com as diferentes funções.

O quadro 4.2 traz uma comparação entre o desenvolvimento de produtos tradicional e o desenvolvimento *lean* de produtos.

Segundo Karlsson e Ahlström (1996), o desenvolvimento *lean* de produtos consiste em muitas técnicas inter-relacionadas. A introdução dessas técnicas, bem como as mudanças em alguns procedimentos persistentes, implica que mudanças de valores e de idéias básicas são necessárias. No quadro 4.2, esses autores se referem a uma caixa preta de engenharia que

significa que os fornecedores participam no desenvolvimento de produtos da empresa sem ter o conhecimento das especificações detalhadas do produto que está sendo desenvolvido.

Quadro 4.2 – Comparação entre o PDP tradicional e o PDP lean

	Desenvolvimento tradicional de produtos	Desenvolvimento <i>lean</i> de produtos
Estrutura do time	Times não são usados	Times com cruzamento funcional
Fases do desenvolvimento	Pequenas sobreposições	Simultâneo
Integração x coordenação	Não aplicável	Encontros
Gerenciamento do projeto	Estrutura de Time funcional	Gerenciamento por projeto.
Caixa preta da engenharia	Não	Sim
Envolvimento dos fornecedores	No final do projeto	Desde do começo do projeto

Fonte: Karlsson e Ahlström (1996)

Segundo Sobek II, Ward e Liker (1999), os efeitos da implementação de poucos princípios isoladamente irão falhar, pois o sistema funciona integrado, as diferenças culturais não fazem diferença na implementação dos princípios do *lean* e gerentes e engenheiros, devido a educação e aproximações normais, trabalham de encontro a esses princípios.

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), o desenvolvimento *lean* é uma abordagem considerada nova, que tem foco no trabalho em equipe, na simplificação e padronização, com ênfase nas fases iniciais e atividades de busca de novas soluções, tendo como principais características:

- a) Gestão do ciclo de vida;
- b) Melhoria contínua do PDP – Níveis de Maturidade;
- c) Processo sistemático para avaliação da tecnologia e otimização do produto;
- d) Liderança por meio do conhecimento;
- e) Incentivo a busca de soluções inovadoras;
- f) Integração com a estratégia de negócios e tecnologia;
- g) Adoção de um processo sistemático de aprovação de fases;
- h) Adoção de abordagem por processo de negócio;
- i) Paralelismo para integração entre as áreas e menor tempo;
- j) Conjunto integrado de técnicas, métodos e princípios;
- k) Integração com parceiros e fornecedores;
- l) Co-localização;
- m) Adoção de gerentes de projeto peso pesado;

- n) Adoção de times multidisciplinares;
- o) Uso de métodos sistemáticos de projeto;
- p) Uso de estruturas funcionais.

De acordo com Burcher e Bhasin (2006), uma das principais dificuldades das empresas em tentar aplicar o *lean* é uma falta de sentido, uma falta do planejamento e uma falta de seqüência adequada do projeto. O conhecimento das ferramentas e das técnicas não é frequentemente um problema. Evidente, para a execução bem sucedida é necessário:

- a) Aplicar simultaneamente as ferramentas do *lean*;
- b) Enxergar o *lean* como uma longa jornada;
- c) Praticar a melhoria contínua;
- d) Praticar as mudanças culturais e disseminar os pensamentos enxutos para toda a cadeia de valor.

Conforme Rozenfeld *et al.* (2006), o desenvolvimento *lean* dá ênfase para equipes de desenvolvimento multifuncionais que têm forte liderança e a participação ativa de especialistas de diversas áreas funcionais. Eles representam para essas organizações um grande salto na produtividade, qualidade dos produtos e resposta rápida às exigências dos consumidores.

Algumas vantagens competitivas, obtidas com o enfoque *lean* no desenvolvimento de produtos são: maior capacidade de projetar e produzir uma maior variedade de produtos, atingindo diferentes segmentos do mercado, e a obtenção de uma taxa maior de renovação de produtos, mantendo-os mais atualizados do que os da concorrência.

4.4 Ferramentas para eliminação dos desperdícios do desenvolvimento de produtos *lean*

A comunicação rica, bilateral e freqüente é um fator chave para o sucesso do sistema de desenvolvimento *lean*. Na Toyota a informação a respeito dos conjuntos de soluções parece enriquecer o processo de comunicação e, ao mesmo tempo, diminuir o tamanho e a freqüência das reuniões.

Ainda segundo Rozenfeld *et al.* (2006), a essência do desenvolvimento *lean* está fundamentada em três princípios: mapear o espaço de projeto, integrar pela intersecção e estabelecer a exequibilidade antes do comprometimento. A abordagem do desenvolvimento

lean é muito bem-estruturada e depende da implementação integrada e conjunta das ações relacionadas aos princípios. Entretanto, esforços para implementar apenas alguns princípios de maneira isolada falharão, pois o sistema deve ser altamente integrado. A mudança para um ambiente distribuído e simultâneo deveria envolver uma mudança correspondente no método de projeto para um processo baseado em conjuntos.

Inicialmente, poderia chegar a conclusão de que o modelo adotado nessa dissertação não tem relação com a abordagem do desenvolvimento *lean*, mas, na realidade, o modelo é muito importante para a implantação de uma abordagem de gestão do PDP, baseada na filosofia *lean*.

O quadro 4.3 apresenta a definição das ferramentas da filosofia *lean*, confrontadas com os exemplos de desperdícios listados no quadro 4.1.

Quadro 4.3 - Definição das ferramentas da filosofia *lean*

	Ocorrência de desperdícios	Ferramenta	Conceito
1	<ul style="list-style-type: none"> Pode atuar em todos os desperdícios devido a capacidade de identificação do fluxo de valor. 	Mapeamento do fluxo de valor.	Segundo Rother e Shook (2000), é conhecido como mapeamento de fluxo de informações e material.
2	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção; capacidade disponível da máquina. 	Manutenção produtiva total (TPM).	Segundo Rosa (2006), é baseada na manutenção voluntária por parte dos operadores e na introdução de melhorias para minimizar as falhas dos equipamentos.
3	<ul style="list-style-type: none"> Espera por dados, respostas, especificações, requerimentos, resultados de testes, aprovações, decisões, eventos de revisão, assinaturas, dados e informações errôneas.. 	Melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores.	Segundo Mello <i>et al.</i> (2002), uma relação de benefícios mútuos aumenta a capacidade de ambos de agregar valor.
4	<ul style="list-style-type: none"> Informações esperando por pessoas; baixo sincronismo do tempo considerado e a capacidade 	Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i> /produção sincronizada.	Segundo Invernizzi (2006), é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente.
5	<ul style="list-style-type: none"> Espera por dados, respostas, especificações, requerimentos, resultados de testes, aprovações, decisões, eventos de revisão, assinaturas. 	Recebimento/fornecimento <i>just in time</i> .	Segundo Invernizzi (2006), significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo.
6	<ul style="list-style-type: none"> Capabilidade pobre. 	Tecnologia de grupo.	Conforme Rodrigues (2005), é uma ferramenta de apoio à atividade de projeto no sentido de aumentar a eficiência e a flexibilidade das empresas de manufatura.

Quadro 4.3 - Definição das ferramentas da filosofia *lean* (continuação)

	Ocorrência de desperdícios	Ferramenta	Conceito
7	<ul style="list-style-type: none"> • Ir e vir das tarefas/ tarefas interrompidas; • excessivo tráfego de dados. • falta de acesso direto; • filas no caminho crítico. 	Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução tamanho de lote.	De acordo com Invernizzi (2006), a implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor normalmente requer a reorganização e rearranjo do <i>layout</i> .
8	<ul style="list-style-type: none"> • Locais remotos; • busca de informações; • uso inapropriado de ferramentas e métodos. 	Filosofia 5S.	Conforme Campos (1992), é um programa que abrange todas as áreas da empresa e visa a melhoria da arrumação, ordenação, limpeza, saúde e auto-disciplina, podendo conduzir a empresa a ganhos efetivos de produtividade.
9	<ul style="list-style-type: none"> • Informação com qualidade deficiente; • testes e verificações pobres. 	Ferramentas de controle da qualidade.	Conforme Dellaretti Filho (1996), as ferramentas da qualidade foram criadas visando ao controle de processos, lidando principalmente com dados numéricos.
10	<ul style="list-style-type: none"> • Dados e informações errôneas. 	Zero defeito.	Para Crosby (1985), certo é que a qualidade é assegurada se todos se esforçarem em fazer seu trabalho corretamente da primeira vez.
11	<ul style="list-style-type: none"> • Dados e informações errôneas. 	Ferramentas <i>poka yoke</i> .	Segundo Invernizzi (2006), é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade.
12	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilização pobre de projetos; • objetivos e metas mal definidos. 	Medidas de desempenho / <i>balanced scorecard</i> (BSC);	Segundo Paula (2004), o BSC agrupa e prioriza os indicadores associados aos objetivos estratégicos e aos fatores críticos de sucesso, para que a organização alcance suas estratégias, sendo estes organizados em um painel de controle.
13	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos e metas mal definidos; 	Gráficos de controle visuais.	Segundo Greif (1991), é uma forma de comunicação que pode ser observada por qualquer um que trabalha em uma dada área, qualquer um que esteja de passagem por esta área e para qualquer um onde a informação esteja visível.
14	<ul style="list-style-type: none"> • Papéis, responsabilidades e direitos mal definidos; • regras mal elaboradas; • Insuficiente predisposição para cooperar. 	Comprometimento dos funcionários e da alta gerência.	Conforme Mello <i>et al.</i> (2002), pessoas de todos os níveis são a essência de uma organização e seu total envolvimento possibilita que suas habilidades sejam usadas para o benefício da organização.
15	<ul style="list-style-type: none"> • Incompetência / treinamento pobre. 	Treinamento de pessoal.	Segundo Mello <i>et al.</i> (2002), é o ato ou processo de fornecer ou receber instrução para uma habilidade, profissão ou ocupação particular.
16	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente predisposição para cooperar. 	<i>Empowerment</i> .	Segundo Slack (2002), é uma extensão da característica de autonomia do trabalho, proeminente na abordagem comportamental do projeto do trabalho.

A implementação dessas ferramentas no processo de desenvolvimento de produtos poderia auxiliar a eliminação, mitigação e identificação dos desperdícios. Outras ferramentas como trabalho padrão, *jidoka*, troca rápida de ferramentas (*SMED*) e Seis Sigma poderiam auxiliar na mentalidade enxuta, porém este trabalho limita-se às ferramentas citadas por Godinho Filho e Fernandes (2004) para os desperdícios do desenvolvimento de produtos.

Segundo Sobek II, Ward e Liker (1999), mais importante é que qualquer organização que desenvolve produtos, dominando esses princípios e suas aplicações, pode ser capaz de melhorar radicalmente os seus projetos e o seu processo de desenvolvimento de produtos.

Com base nos quadros 3.1, 4.2 e 4.3, pode-se identificar no quadro 4.4 em comparação com o quadro 4.3 as ferramentas que melhor se adaptam para mitigar os desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos.

Para Hines, Holweg e Rich (2004), qualquer conceito que forneça para o cliente “valor” pode ser alinhado com a estratégia do *lean*, mesmo se ferramentas do *lean* como *kanban*, programação nivelada ou *Take Time* não sejam usadas.

No próximo capítulo será apresentada a pesquisa empírica realizada para identificar os desperdícios do desenvolvimento de produtos e analisar o quanto de retorno a empresa poderá obter ao eliminar estes desperdícios.

Quadro 4.4 - Aplicação das ferramentas do pensamento enxuto nos desperdícios do PDP

Desperdícios		Ferramentas
1	Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • manutenção produtiva total (TPM); • melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores; • trabalhar de acordo com o <i>takt time</i>/produção sincronizada; • recebimento/fornecimento <i>just in time</i>.
2	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • tecnologia de grupo; • trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução tamanho de lote; • manutenção produtiva total (TPM); • filosofia 5S.
3	Movimentação desnecessária	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • filosofia 5S; • trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução tamanho de lote;
4	Processos inadequados	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • filosofia 5S.
5	Inventário	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução tamanho de lote;
6	Superprodução	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • filosofia 5S; • trabalhar de acordo com o <i>takt time</i>/produção sincronizada.
7	Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • ferramentas de controle da qualidade; • zero defeito; • ferramentas <i>poka yoke</i>.
8	Reinvenção	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • medidas de performance/<i>balanced scorecard</i>; • tecnologia de grupo; • gráficos de controle visuais.
9	Falta de disciplina	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • <i>empowerment</i> ; • trabalho em equipes; • medidas de desempenho/<i>balanced scorecard</i>; • comprometimento dos funcionários e da alta gerência; • treinamento de pessoal.
10	Limitações nos recursos de TI	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor; • tecnologia de grupo.

Capítulo 5 – Estudo de Caso

5.1 Descrição da unidade de análise

A empresa selecionada como objeto de estudo é a Emdep Brasil Ltda. Ela possui unidades fabris na Espanha, México, Marrocos, Nicarágua, Honduras, Romênia, Tunísia e Brasil, estando localizada na cidade de Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

Cada produto solicitado pelo cliente necessita ser desenvolvido, ou seja, o cliente fornece uma amostra através da qual se inicia o processo de desenvolvimento de produtos, de forma que a EMDEP trabalha no regime produtivo sob encomenda. Os modelos de produtos desenvolvidos pela EMDEP se distinguem entre si por:

- b) questões de Inovação;
- c) complexidade do desenvolvimento;
- d) tempo de desenvolvimento;
- e) custo de desenvolvimento.

O PDP na EMDEP é constituído pelos processos de vendas, projeto e manufatura apoiada por computador (CAM). A figura 5.1 da própria empresa apresenta o mapeamento do macroprocesso de desenvolvimento de produtos realizado pela empresa.

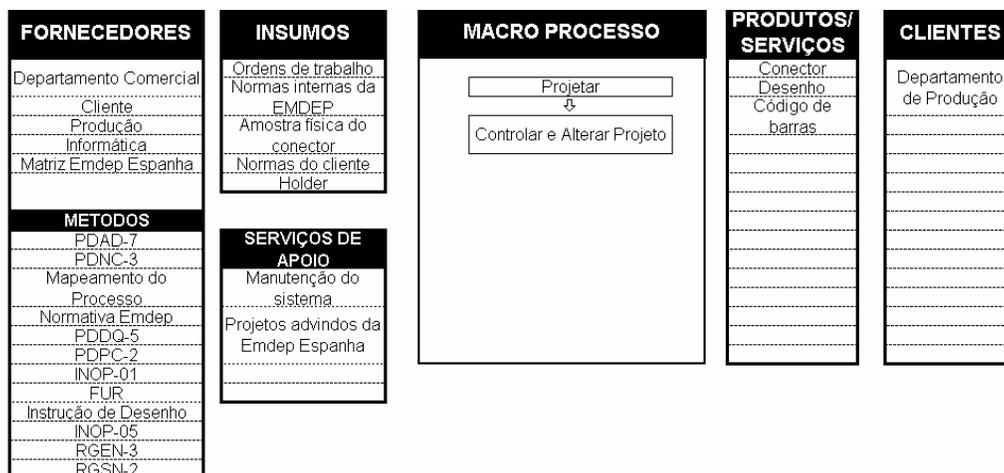


Figura 5.1 - Mapeamento do PDP da EMDEP

Fonte: EMDEP Brasil (2008)

Comparando-se o PDP da empresa objeto de estudo com um modelo de referência, tal como o proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), pode-se verificar que, devido ao tamanho da empresa, várias etapas do modelo de referência são realizadas por um setor ou até mesmo por uma mesma pessoa. O quadro 5.1 apresenta um comparativo entre o modelo de referência para PDP proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) e o PDP da empresa objeto de estudo. O PDP da empresa cumpre algumas atividades características de cada fase, pois as atividades não são cumpridas integralmente.

Quadro 5.1 - Comparativo entre as fases do modelo de referência e o PDP da empresa

PDP da empresa	Comercial	Desenho (Projeto)	CAM	Produção
Fases do modelo de referência				
Planejamento estratégico dos produtos	X			
Planejamento do projeto	X			
Projeto informacional		X		
Projeto conceitual		X		
Projeto detalhado		X	X	
Preparação da produção				X
Lançamento do produto				X
Acompanhar produto/ processo				X
Descontinuar produto				X

A figura 5.2 ilustra o comparativo entre o modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) e a seqüência de operações da empresa, bem como a limitação do trabalho.

Como o objetivo desta pesquisa é identificar os desperdícios do processo desenvolvimento de produto, considerando a macrofase de desenvolvimento do modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006). Esta macrofase refere-se especificamente às etapas de projeto informacional, conceitual e detalhado, não contemplando as macrofases de pré e pós-desenvolvimento.

Desta forma, devido ao tamanho da empresa, o setor comercial não foi objeto de estudo por atuar nas fases referentes ao pré-desenvolvimento. O setor de produção na empresa objeto de estudo atua a partir da preparação da produção até o pós-desenvolvimento. Neste contexto, os processos internos da empresa que se enquadram nas etapas do modelo estudado são os setores de desenho e CAM.

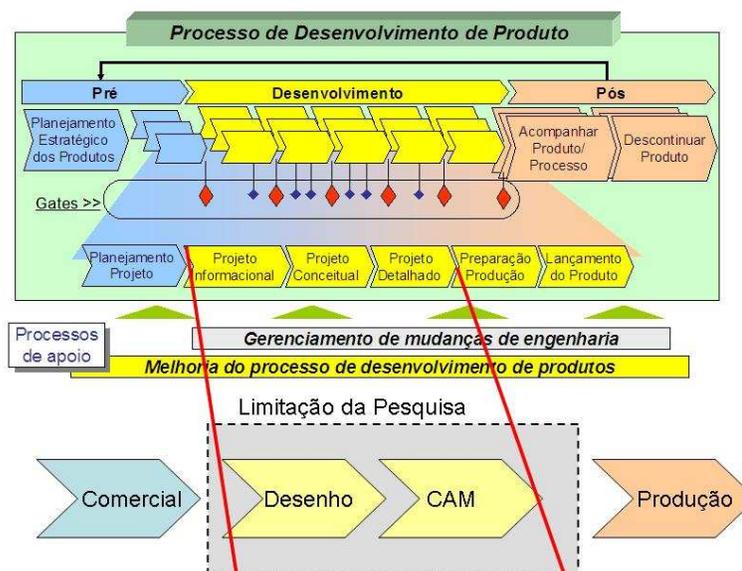


Figura 5.2 – Limitação da pesquisa

O mapeamento do fluxo de valor do macroprocesso de desenvolvimento de produto foi realizado a partir de informações coletadas em entrevista com os funcionários das áreas de vendas, desenvolvimento e CAM da empresa e da observação direta do fluxo de atividades. O quadro 5.2 apresenta as principais características dos entrevistados.

Quadro 5.2 – Características dos entrevistados

Características	Entrevistados					
	1	2	3	4	5	6
Tempo de EMDEP (anos)	5	7	5	1	1	1,0
Tempo na função (anos)	4,75	7	2	1	1	0,5
Formação acadêmica	Técnico informática industrial e cursando administração	Técnico mecatrônico	Técnico mecatrônico	2º grau completo	Técnico mecânico	Técnico mecânico
Função	Assistente comercial	Projetista	Projetista	Projetista	Projetista	programador
Área de trabalho	Vendas	Desenho	Desenho	Desenho	Desenho	CAM

A EMDEP é uma empresa espanhola de classe mundial dedicada ao desenho e produção de ferramentas, equipamentos e *software* específico para a montagem e controle de qualidade de

componentes elétricos para a indústria automotiva, sendo atualmente a líder em fornecimento de bancos de controle elétrico para chicotes automotivos.

Conforme D'Oliveira (2005), o principal produto da empresa é intitulado ROB, *Ring Out Board* que em português significa Mesa de Teste Elétrico. O ROB é um equipamento responsável pela aprovação elétrica e de componentes de produtos, segundo necessidades estabelecidas pelo cliente. A aprovação elétrica é o teste de todos os circuitos pertencentes ao produto a fim de certificar-se a integridade física e a correspondência ao pedido do cliente no que se refere ao posicionamento correto dos circuitos. Já a aprovação de componentes consiste em testar qualquer componente auxiliar que esteja agregado ao produto do cliente tais como buchas, *grommets*, *clips*, capas, tampas, presilhas, sacolas, calhas entre outros.

Cada produto solicitado pelo cliente necessita ser desenvolvido, ou seja, o cliente fornece uma amostra através da qual se inicia o processo de desenvolvimento de produtos, e assim a EMDEP trabalha no regime produtivo sob encomenda.

Os principais produtos desenvolvidos pela empresa estão voltados as montadoras de carro dentre os quais estão dispostos a seguir:

- Contra peças de montagem (*holder mecânico*) de acordo com as características adjuntas dos clientes.



Figura 5.3 – *Holder mecânico*

- Contra peças para montagem e prova elétrica com trava manual e expulsão manual ou pneumática.



Figura 5.4 – *Holder* para montagem

- Contra peças pneumáticas para instalar em Bancos de Prova Elétrica que testam qualquer tipo de componente.

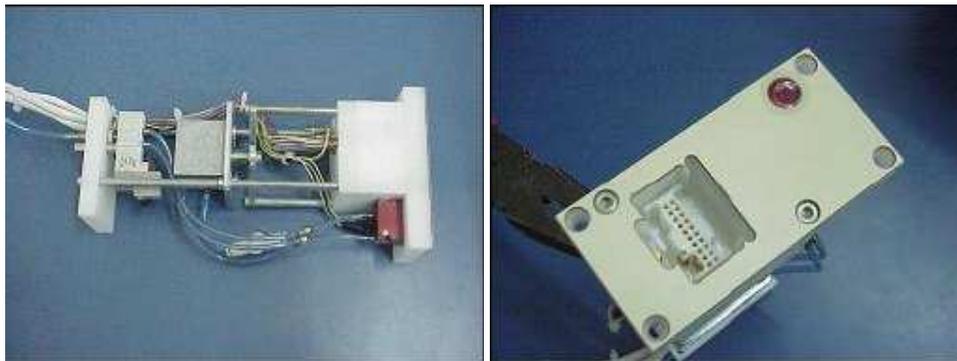


Figura 5.5 – *Holder*s pneumáticos

- Bancos de prova elétrica (ROB) com características técnicas e funcionais determinadas por cada cliente.



Figura 5.6 – Mesas de teste elétrico

5.2 Caso piloto

Foi necessário realizar o caso piloto para identificar alguns desperdícios no PDP, preparar protocolo de pesquisa que seria utilizado na pesquisa qualitativa e para verificar a utilização da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor na identificação dos desperdícios no PDP. O caso piloto foi realizado em novembro 2007.

Seguindo o esquema de melhoria proposto por Milard (2001), inicialmente foi realizado um treinamento para conscientizar os funcionários das áreas de vendas, desenvolvimento e CAM a respeito da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor. Esse treinamento não foi exaustivo porque a aplicação da ferramenta no PDP da empresa seria monitorada por integrantes da equipe de pesquisadores. Em segundo lugar, buscando-se atingir o objetivo principal da presente pesquisa, foi selecionado o processo de desenvolvimento de produtos como fluxo de valor a ser melhorado.

Em seguida foram definidos os elementos do fluxo de valor, analisado e mapeado o estado atual do PDP da empresa estudada. Para o mapeamento do estado atual utilizou-se o mapeamento *lean*, pois como citado no capítulo 3, essa técnica é apropriada para identificar o fluxo de valor, sendo assim o mais recomendado para o foco da pesquisa.

O mapa do estado atual, apresentado na figura 5.7, foi desenhado junto aos projetistas durante visita in loco utilizando-se do *software* Igrafx FlowCharter 2006. Durante a confecção do mapa atual foi possível identificar os seguintes desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos da empresa estudada: espera por liberação do projeto, problemas de incompatibilidade, reutilização pobre do conhecimento, reutilização pobre de projetos e movimentação desnecessária. A identificação dos desperdícios foi feita através de entrevista não estruturada, coleta de dados da empresa e observação direta dos pesquisadores.

Para o desperdício de liberação de projeto, a colaboradora entrevistada mencionou que só libera o projeto depois que outro projetista verifica o projeto, acontecendo de ficar um tempo parado aguardando aprovação. Com relação ao problema de incompatibilidade foi relatado que os clientes enviam os desenhos em um arquivo com uma extensão diferente do programa da empresa. Com relação à reutilização pobre de projetos, a colaboradora explicou que o setor de projetos possui um caderno com os projetos realizados, mas que o mesmo é de difícil consulta. O desperdício de movimentação desnecessário ocorre quando o colaborador tem que levar seu projeto até o CAM e quando há retrabalho na inspeção final.

Uma vez realizado este mapa propôs-se, com base nos princípios enxutos, a eliminação dos desperdícios identificados no estado atual e a elaboração de um mapa futuro com a

implantação das propostas de melhoria, como pode ser visto na figura 5.8. Os tempos levantados e o *Work in Progress* propostos no mapa do estado futuro foram estimados levando-se em consideração a experiência dos funcionários.

A aplicação do mapeamento de fluxo de valor, ferramenta da filosofia *Lean*, no desenvolvimento de produtos, identificou desperdícios dentro do processo de desenvolvimento de produtos da empresa estudada, nas interfaces entre os agentes envolvidos a partir da análise do estudo de caso do desenvolvimento de ROB's, tais como reutilização pobre de projeto, movimentação de pessoas de forma desnecessária, verificação de problemas de compatibilidade, espera por liberação do projeto, reutilização pobre de conhecimento, distância entre os setores. Esse estudo piloto auxiliou a elaboração do protocolo de pesquisa (vide apêndice B).

O levantamento dos dados no estado atual e estado futuro sugerem melhoria no PDP com a implementação da filosofia *lean*, pois o *lead time*, a taxa de agregação de valor e a eficiência apresentaram melhorias, como mostra a tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Comparação entre o estado atual e o estado futuro

Indicador	Estado Atual	Estado Futuro
<i>Lead time</i> do projeto do produto	14,6 horas	6,6 horas
Valor agregado	4,1 horas	3,1 horas
Eficiência	28,1%	47%

5.3 Pesquisa empírica

Para a construção da representação computacional do processo de desenvolvimento de produtos da EMDEP foi utilizado o *software* PROMODEL, versão 4.22, sendo elaborados seis modelos. Validaram-se os modelos através dos métodos propostos Sargent (2004): modelo por profissional envolvido na empresa; modelo por especialista; comparação entre os resultados do volume de produção simulados e a produção real.

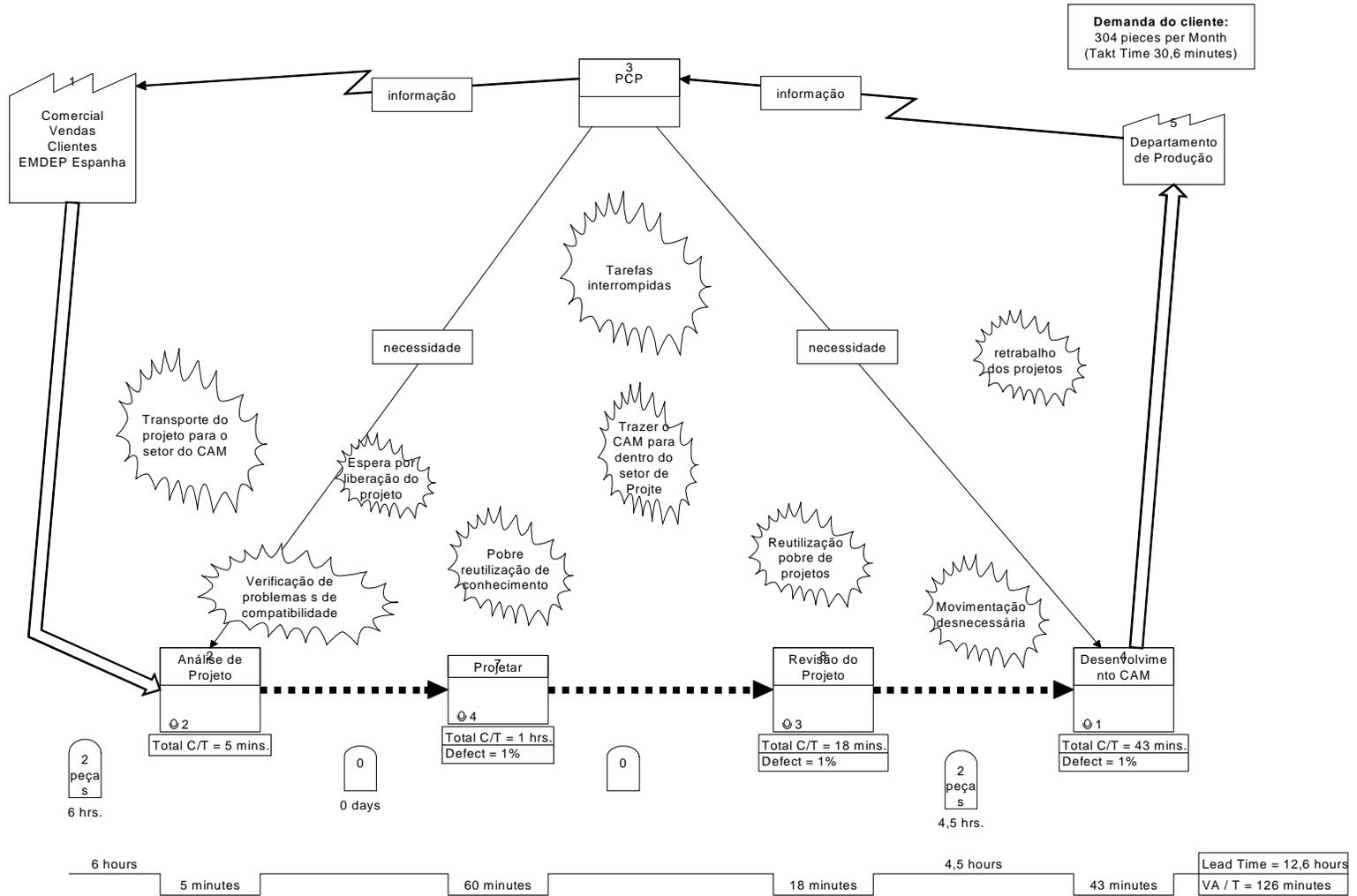


Figura 5.7 – Mapa do estado atual do PDP

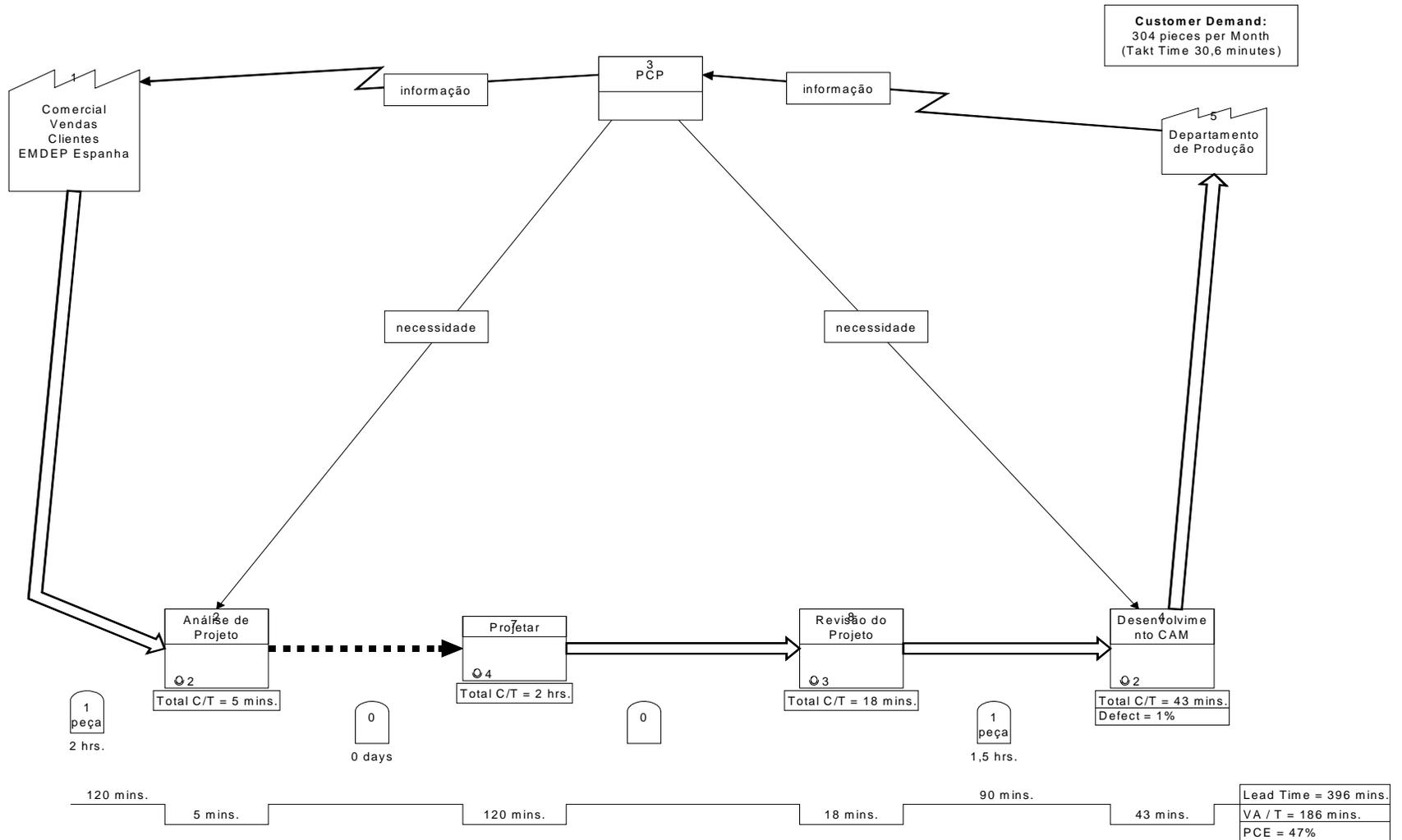


Figura 5.8 – Mapa do estado futuro do PDP

5.3.1 Pesquisa quantitativa

Para a determinação do número de amostras para cada tipo de *holder* foram coletados os dados de quantidade de projetos desenvolvidos por tipo de *holder* em 22 meses, como mostra a tabela 5.2.

Para os dados da tabela 5.2, utilizou-se o *boxplot* para eliminar os valores que estão fora da amostra, como mostra a figura 5.9. O único dado real que foi eliminado foi o valor de 763 do *holder* pneumático.

Eliminando este valor para o cálculo da média e do desvio padrão, tem-se os valores para os desvios padrão e para as médias de cada *holder*, dados pela tabela 5.3.

Tabela 5.2 – Dados reais da produção de *holder* na empresa

Número de Meses	Pneumático	Mecânico	Montagem
1	162	70	134
2	354	30	111
3	90	42	126
4	221	77	51
5	191	149	76
6	98	51	88
7	102	115	53
8	349	56	47
9	44	116	48
10	334	53	75
11	763	83	45
12	28	24	33
13	233	44	134
14	82	69	141
15	105	45	35
16	187	10	65
17	84	18	53
18	86	93	57
19	52	74	88
20	71	120	42
21	118	25	49
22	84	82	56

Tabela 5.3 – Média e desvio padrão da produção de cada tipo de *holder* dos valores reais

	Pneumático	Mecânico	Montagem
Média	146,43	65,73	73,05
Desvio Padrão	100,25	36,75	34,74

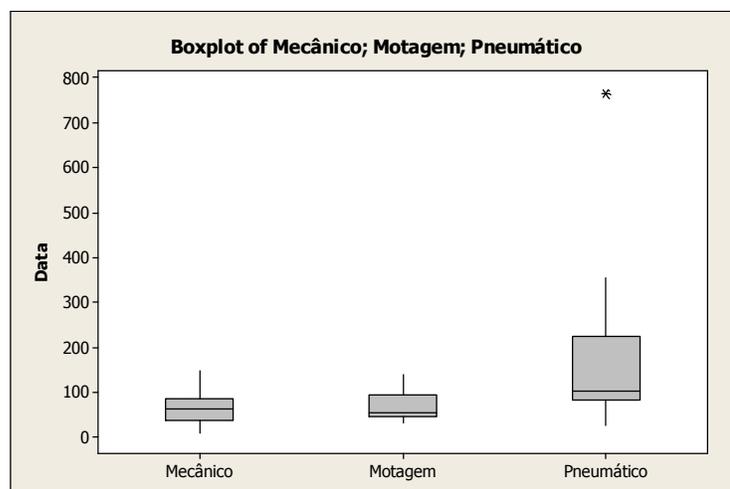


Figura 5.9 – *Boxplot* para os três modelos de *holders*

Para os tempos lançados na simulação foram utilizados os valores do banco de dados do sistema Microsiga da própria empresa e definida a distribuição de acordo com o *Stat-fit* do Promodel 4.22, conforme apresentado na tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Distribuição utilizada por projetista por tipo de *holder*

Projetista	Distribuição <i>Holder</i> pneumático	Distribuição <i>Holder</i> mecânico	Distribuição <i>Holder</i> montagem
Projetista 01	Weibull (3; 0,409; 149)	Pearson 5 (1,16; 0,757; 6,36)	Pearson 6 (3,83; 0,597; 5,83)
Projetista 02	Exponencial (3; 38,1)	Pearson 5 (-1,32; 1,56; 21,3)	Lognormal (2,86; 2,33; 1,89)
Projetista 03	Lognormal (0,936; 3,92; 1,41)	Lognormal (1,86; 3,08; 1,33)	Lognormal (2,96; 2,64; 2,33)
Projetista 04	Lognormal (2,55; 3,18; 1,74)	Lognormal (2,84; 2,93; 2,04)	Normal (77,75; 99,79)
CAM	Weibull (4; 0,709; 168)	Pearson 5 (-4,91; 1,05; 37,5)	Lognormal (8,4; 4,24; 1,79)

Para os valores simulados utilizou-se os mesmos números amostrais que os dados reais. A tabela 5.5 traz os valores obtidos com a replicação da simulação com a mesma quantidade de dados reais. O tempo considerado para a simulação foi de 176 horas devido a carga horária utilizada na empresa em um mês.

Tabela 5.5 – Dados simulados do desenvolvimento de *holder* na empresa

Número de Replicações	Pneumático Simulado	Mecânico Simulado	Montagem Simulado
1	138	46	58
2	134	57	67
3	147	72	61
4	152	64	61
5	125	49	64
6	114	69	63
7	173	43	69
8	143	55	64
9	142	43	59
10	135	57	64
11	155	46	76
12	130	58	64
13	133	60	66
14	117	60	54
15	138	54	57
16	134	53	68
17	148	60	61
18	134	48	62
19	154	44	58
20	162	55	69
21	163	46	63
22		50	66

Assim, tem-se os seguintes desvios-padrão e médias para cada *holder* apresentados na tabela 5.6 para os valores simulados.

Tabela 5.6 – Média e desvio padrão de cada tipo de *holder* dos valores simulados

	Pneumático	Mecânico	Montagem
Média	141,48	54,05	63,36
Desvio Padrão	14,95	8,18	4,87

5.3.2 Pesquisa qualitativa

Para a realização da pesquisa qualitativa foi utilizada uma entrevista semi-estruturada, utilizando-se do protocolo de pesquisa (Anexo B). A pesquisa foi realizada com os quatro entrevistados do setor de desenho: entrevistados 1, 2, 3 e 5 (vide quadro 5.2).

Durante as entrevistas, foi tratado inicialmente o **desperdício da espera**. Foi possível observar na empresa objeto de estudo que esse desperdício está presente, pois mesmo

melhorando o processo de desenvolvimento, o desenvolvimento ainda necessita aguardar características enviadas pelo cliente e pelo próprio departamento comercial. A desenhista 2 (mais experiente) afirmou que “temos espera no desenvolvimento do produto, mas isso vem diminuindo. Os clientes, às vezes, ainda demoram em enviar o e-mail com o modelo da peça, daí a gente precisa aguardar o e-mail deles, atrasando nosso desenvolvimento de produto. Outras características que atrasam nosso desenvolvimento é com relação, por parte do cliente, da definição do critério de teste, nomenclatura diferente, amostra que demora a ser enviada, componente especial (pino especial) que demora a ser enviado também. O número de projetos que ficam parados é da ordem de 10%...”. “Por exemplo, o projeto No 07B937 ainda não foi encerrado por falta de uma amostra. Era para ter sido entregue dia 22/01/08, mas até hoje (30/01/08) não foi entregue. Outro caso é o projeto No 07B963 para o qual também falta uma amostra e era para o dia 05/12/07 e até agora está parado. Outra espera é do No 08B048 que foi entregue para o cliente, mas que está faltando a aprovação, sem a qual não podemos aprovar o projeto.”

Outro **desperdício** que foi observado durante a pesquisa é com relação ao **transporte**, que se caracteriza pelo fluxo de informações e peças. Na empresa objeto de estudo esse desperdício também está presente, pois conforme afirmação da desenhista 2 “o nosso servidor é muito rápido, muito bom, e foi atualizado nos últimos meses, porém já está lotado! A parte de desenho já está lotada! Atrapalha o serviço, pois é preciso salvar um desenho e não consigo. Tivemos que apagar um tanto de desenhos mais antigos para conseguir gravar...”. Além disso, a desenhista 2 afirma ainda que mesmo a comunicação sendo eficiente, ainda há problemas com relação ao fluxo de informações: “temos um canal de comunicação direta com o comercial e entre os projetistas da empresa, mas tudo é registrado por e-mail, gerando atraso no desenvolvimento. Quando temos dúvida vai para o comercial para eles verificarem com o cliente. Todos os dias tem alguma dúvida, que pode ser devido a informação faltante, informação incompleta ou amostra faltante. Em torno de 10% dos projetos que chegam aguardam resposta de clientes, o que gera um dia de atraso. Qualquer tipo de *holder* pode apresentar esses problemas.”

O desperdício de transporte fica mais evidente quando o comercial, que envia todas as informações e todas as peças para o PDP não consegue fazê-lo, conforme explica a desenhista 2: “...falta informação na ordem de serviço, pois quando é duplicação no projeto o problema poderia ser sanado no comercial, pois eles tem o contato direto com o cliente. Os projetos que exigem, por exemplo, continuidade como teste, precisam da amostra. Os projetos de duplicação possuem as amostras guardadas e é o comercial que procura no nosso armário.

Mas, quando eles não encontram precisamos ajudá-los a encontrar. Quando há mudança no chicote eles tem que mandar uma nova amostra...”.

A **movimentação desnecessária** foi outro desperdício verificado na empresa objeto de estudo. A desenhista 2 afirma que “não precisamos nos deslocar muito entre as áreas, nem mesmo dentro do setor. Precisamos nos movimentar para tirar cópias na máquina que está no centro da sala e para verificar os retrabalhos. Nos retrabalhos temos que ir até a inspeção final para verificar o problema. A Normativa (procedimento interno) da empresa fica em cima da mesa e o servidor já tem o padrão. Os projetos chegam até nós pelo comercial. Não precisamos ir até o comercial para pegar os projetos. Quando precisamos reclamar algo para o comercial é por *e-mail*...”. Neste caso, a presença da movimentação até o teste final para verificar os retrabalhos, necessidade de cópias e a movimentação para auxiliar o departamento comercial encontrar as amostras, caracteriza a presença desse tipo de desperdício.

Com relação ao desperdício de **processos inadequados**, a desenhista 2 explica que “... a implementação do EMDEP Group (*Global Design Management* - GDM), que foi feito em todas as plantas da EMDEP no mundo, nos ajudou a ganhar tempo, pois 70% dos projetos já foram feitos nas plantas. Antes gastava-se 30 minutos, agora gastamos em torno de cinco minutos para determinados tipos de projeto. A planilha de base foi padronizada, o que fez com que ganhássemos tempo no desenvolvimento de produtos”. Além disso, a mesma confirma que “... a experiência do pessoal é boa. Eu tenho sete anos na EMDEP, o desenhista 3 tem cinco anos, mas está efetivamente no projeto faz um ano e meio. O desenhista 4 ainda está em fase de treinamento, mas já está conosco há nove meses. A desenhista 5 está há um ano”.

Com relação a capacidade dos equipamentos e com relação a abordagem (*lean*, por projetos, etc.) e a forma (tradicional ou simultânea) de desenvolvimento de produtos, a desenhista 2 explica: “temos o que existe de mais novo no desenvolvimento de produtos com relação a *software*. Temos o Solidworks 2007, mas já tem uma atualização do mesmo aguardando liberação da Espanha. Todos os computadores foram atualizados em novembro 2007, sendo alterados para os da marca DELL, por causa da capacidade de vídeo que é muito boa, o que ajuda o nosso desenvolvimento...” e “...temos as normativas da empresa que nos auxiliam no desenvolvimento. Elas são utilizadas para facilitar nosso trabalho. Nosso trabalho está definido nos fluxogramas e SIPOC (mapa de processo)... Nosso desenvolvimento é mais seqüencial, pois as informações vão através das áreas, uma após a outra. Nossas atividades não compensam fazer de outra maneira”.

Desta forma, mesmo apresentando poucas características do desperdício de processos inadequados, pode-se verificar que um desenvolvimento seqüencial poderia ser mais bem utilizado pela empresa, o que caracteriza um desperdício. Outra característica do processo da empresa é que são utilizados paquímetros para medição de todas as cotas, o que poderia ser facilitado através de um Scanner 3D. Esse equipamento verifica automaticamente todas as cotas, aumentando a produtividade.

A desenhista 2 afirma que, “apesar de ser utilizado um sistema de medição convencional, as tolerâncias exigidas para as peças são alcançadas sem grandes problemas”.

Outro desperdício encontrado foi o de **inventário**. A desenhista 2 justifica que “todos os projetos são armazenados, física e eletronicamente. Fisicamente, eles são armazenados durante cinco anos. Contudo, não tem como saber, pois estão todos misturados. As amostras que se deterioram são segregadas e descartadas. A criação do programa para o grupo EMDEP facilitou a localização eletrônica de projetos anteriores, agilizando o desenvolvimento de produtos. Antes tínhamos uma pasta com fotos dos projetos que fizemos, mas gastava muito tempo procurando um projeto igual ou similar”. A empresa desconhece por quanto tempo os projetos ficam armazenados. Além disso, alguns projetos antigos necessitam ser deletados e todas as amostras necessitam ser armazenadas. Isso pode caracterizar um outro desperdício: eletronicamente, pode acontecer perda do conhecimento gerado ou perda de projetos que seriam novamente reutilizados.

A empresa realiza teste em 100% dos produtos para atender solicitação dos clientes. Contudo, a desenhista 2 afirma que os testes são realizados apenas no final, o que pode prejudicar o desenvolvimento de produto: “... no final da produção são realizados testes de todos os tipos nos *holders* desenvolvidos pelo projeto, o que vai auxiliar a garantir se o desenvolvimento foi feito com sucesso ou não. Os testes realizados contribuem na etapa final do desenvolvimento do produto e também nos trabalhos futuros...”.

Com relação à capacidade da empresa em atender seus projetos, caracterizando o desperdício de **superprodução**, a desenhista 2 explica que “... na média, pode sair um projeto por hora no desenvolvimento. O ideal é conseguirmos desenvolver cinco projetos pneumáticos por dia. A EMDEP Espanha definiu como sendo o ideal oito projetos pneumáticos por dia, mas não sei informar como eles calcularam essa capacidade por projetista”. Desta forma, caracterizou-se esse desperdício como de superprodução, por não haver um sincronismo entre o tempo considerado para o desenvolvimento e a capacidade, tal como definido por Bauch (2004).

Outro desperdício identificado por esta pesquisa foi com relação aos **defeitos**. A desenhista 2 afirma que “... o programa de computador que utilizamos tem um comando que diz quando

uma peça está conflitando com outra. Uma verificação por pares auxilia a evitar que o erro chegue até o setor de CAM. O próprio setor de CAM também verifica se existe algum problema. Mas, as falhas mais comuns são: silhueta justa e folgada, falta de continuidade, estanqueidade, falha de trava ou de *clip* e falta de identificação na placa, que podem ser originadas no PDP”. Além disso, “os projetos anteriores são utilizados para o desenvolvimento de novos produtos e, hoje em dia, são facilmente encontrados devido ao programa lançado para o grupo. Quando temos um projeto novo para divulgar o conhecimento adquirido durante esse desenvolvimento, reunimos os outros projetistas para verificar como foi feito. O comercial também é chamado para participar. É como se fosse um *workshop*”. Assim, considerou-se o desperdício de defeito no processo de desenvolvimento de produtos presente na empresa estudada. Constatou-se que no mês de novembro de 2007 ocorreram retrabalho nas ordens 07B718, 07B880, 07B844 e 07B675. Atualmente, existem muito filtros na produção que ajudam a evitar o retrabalho de projetos mais complexos.

Com relação ao desperdício de **reinvenção**, a desenhista 2 afirma que “... mesmo com a criação do programa para o grupo EMDEP ainda temos uma taxa de, aproximadamente, dois por cento de reutilização pobre de projeto. Isso pode ser melhorado e tem que ser melhorado. Antes nossa taxa de reutilização pobre de projetos girava em torno de 20%”. A reutilização pobre de projetos anteriores foi mais um desperdício identificado no PDP da empresa objeto de estudo.

Os desperdícios de falta de disciplina e limitações nos recursos de TI não foram identificados durante a entrevista, porém posteriormente foi identificado por observação do pesquisador, provavelmente pelo fato da empresa possuir no escopo de certificação pela norma NBR ISO 9001:2000 o processo de desenvolvimento de produtos. A desenhista 2 afirma que “as metas e os objetivos são bem definidos. Por exemplo, temos que atingir no máximo dois por cento no retrabalho. Esse indicador está para ser revisado, mas a nossa meta atual é essa. Estamos conseguindo atingir esse objetivo, mas acreditamos e sabemos que podemos e que temos que melhorar...”. “As responsabilidades e autoridades estão bem definidas e são conhecidas por todos na matriz de responsabilidade e na descrição de cargos...”. “O nível de cooperação dos outros setores/pessoas é muito bom, a produção auxilia no desenvolvimento; o comercial auxilia no contato do cliente, com os projetos especiais, solicitando mais amostras quando necessário; a alta direção auxilia na parte de recursos e dentro do nosso setor a colaboração é grande”. Ela ainda acrescenta que “...todo final de ano é feito levantamento da necessidade de treinamentos internos e externos. A alta direção avalia para quais treinamentos irá liberar os recursos...”. “Conseguimos atingir as metas tanto no retrabalho esperado como nos prazos

entregues dentro do prazo. Um dos problemas que mais ocorriam antes que era a falta de atenção, que não ocorre mais devido ao *software Solidworks*”.

Portanto, ao final da entrevista foi possível identificar alguns desperdícios no processo de desenvolvimento de produtos da empresa. Os quadros 5.3 e 5.4 apresentam um comparativo entre os desperdícios identificados no setor de Projetos e no setor de CAM da empresa com os desperdícios citados por Bauch (2004) para o desenvolvimento de produtos. O quadro 5.3 apresenta a definição de cada desperdício identificado na empresa estudada, assim como sua relação com os desperdícios citados na literatura.

Quadro 5.3 – Caracterização dos desperdícios identificados no estudo de caso

Desperdício		Comentários das causas relevantes dos desperdícios	Coleta de dados		
Teórico	Empírico		Entrevista	Observação	Análise documental
Espera.	Espera por liberação do projeto.	Ordens de serviço incompletas (especificações de projeto), falta de amostra dos conectores e conectores danificados.	X	X	X
Limitações nos recursos de TI.	Problemas de incompatibilidade.	Recepção de arquivos de clientes com extensão incompatível com os softwares utilizados na empresa.	X		
	Demora em localizar no <i>software</i> de projetos passados	Em alguns projetos foram observados perda de tempo na localização dos desenhos já feitos no <i>software</i> da empresa.		X	
	Capacidade do processo	Houve a necessidade do envio dos projetos para a matriz, pois os projetos não tinham sido cadastrados no GDM.			X
Movimentação desnecessária.	Deslocamento físico dos funcionários.	Parte dos recursos (cópias, arquivos físicos, CAM, etc.) utilizados no PDP necessita de que o funcionário se desloque significativamente de sua estação de trabalho.	X	X	
Reinvenção.	Reutilização pobre do conhecimento.	A formação de um projetista da empresa é feita principalmente <i>on the job</i> . Porém, o reduzido número de projetistas e o elevado número de projetos não permite a captação e socialização do conhecimento gerado. Além disso, a troca de conhecimento entre as unidades existentes em outros países ocorre informalmente quando o projetista é parcialmente alocado em outra unidade para atender o aumento na demanda de projetos. O mecanismo corporativo de gestão do conhecimento é restrito aos registros dos projetos.	X	X	X

Quadro 5.3 – Caracterização dos desperdícios identificados no estudo de caso (continuação)

Desperdício		Comentários das causas relevantes dos desperdícios	Coleta de dados		
Teórico	Empírico		Entrevista	Observação	Análise documental
	Reutilização pobre de projetos.	Todos os projetos são cadastrados, porém a sua indexação entre as plantas de outros países não existia. Com a implantação de um banco de dados unificado a duplicação de projetos teve uma acentuada redução. Porém, ainda existem projetos que não foram cadastrados.	X	X	X
Defeitos	Retrabalho – informação errônea do projeto	Retrabalhos encontrados foram devido a informações erradas como silhueta justa, tampa não conforme, ausência de garantia de alinhamento dos terminais e mal travamento do conector.	X	X	X
Transporte	Ir e vir das tarefas/ tarefas interrompidas	Quando o setor da produção tem dúvidas com relação ao produto do projeto e se desloca ao setor do PDP para sanar a dúvida, interrompendo a atividade do projetista. Os projetistas, ao final do desenvolvimento, transportam as informações até o setor do CAM. Grande parte da comunicação é direta, apesar de existirem outros meios (registros, documentos, telefone, e-mail, etc.). Devido a empresa ser de pequeno porte, prefere-se a comunicação direta.	X	X	
Inventário	Filas no caminho crítico	Foram identificados filas no setor do CAM para desenvolvimento dos projetos e filas de projetos para o desenvolvimento de produtos.	X	X	
Superprodução	Sincronismo entre o tempo desenvolvido e o tempo planejado	Não há sincronismo entre o tempo planejado para o desenvolvimento com o tempo desenvolvido pelos projetistas da Empresa.	X		

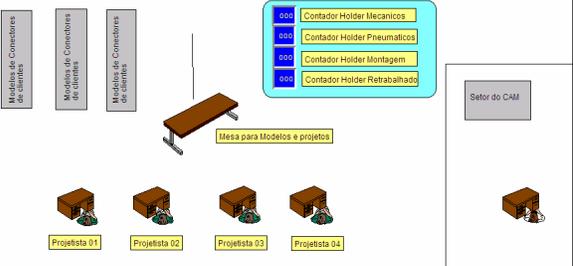
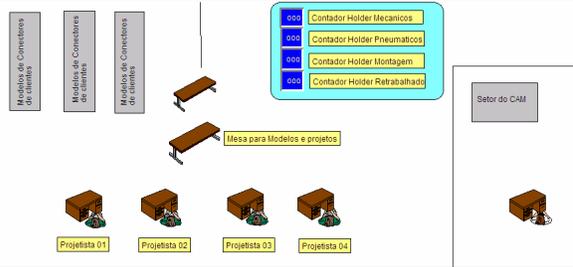
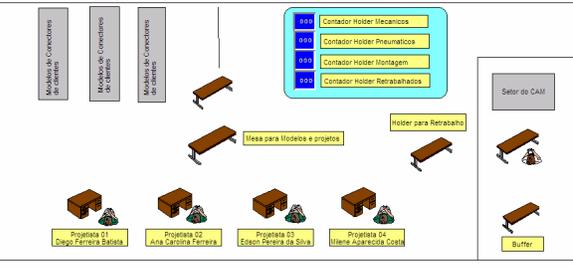
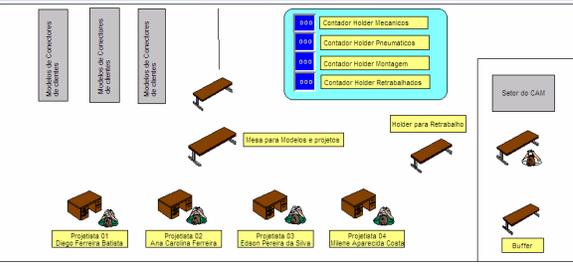
Quadro 5.4 - Desperdícios identificados no desenvolvimento de produtos nas áreas da empresa objeto de estudo

Desperdícios/ áreas	Desenho (Projeto)	CAM
Espera	X	X
Transporte	X	X
Movimentação desnecessária	X	X
Processos inadequados	X	X
Inventário	X	X
Superprodução	X	X
Defeitos	X	X
Reinvenção	X	X
Falta de disciplina	O	O
Limitações nos recursos de TI	X	O
Legenda: X – desperdício identificado; O – desperdício não identificado.		

5.3.3 Modelo Simulado

Os modelos foram evoluindo em complexidade para melhor representar a linha de montagem (quadro 5.5). O quinto modelo apresentou na simulação do desenvolvimento de produtos no estado real e o sexto modelo apresentou os ganhos que a empresa tem, com relação ao número de *holders* produzidos, ao eliminar os desperdícios no PDP.

Quadro 5.5 – Modelos evolutivos do processo de desenvolvimento de produtos da Emdep Brasil

Modelos	Representação icônica
<p>Primeiro modelo: definição do fluxo, locais, entidades, processo e as chegadas.</p>	
<p>Segundo modelo: inclusão dos tempos determinísticos.</p>	
<p>Terceiro modelo: alteração dos tempos para variáveis estocásticas</p>	
<p>Quarto modelo: melhorias na animação da simulação e inclusão dos contadores;</p>	
<p>Quinto modelo: inclusão do retrabalho.</p>	
<p>Sexto Modelo: eliminação dos desperdícios</p>	

Para a validação do modelo simulado, utilizando-se a formulação [1] citada no capítulo 1, obteve-se os valores dados pela tabela 5.7 para cada tipo de *holders*.

Tabela 5.7 – Validação do modelo simulado para cada tipo de *holder*.

	Nível de significância	N	Faixa encontrado	Validação
<i>Holder</i> Mecânico	95%	22	(-27,88; 4,52)	Validado
<i>Holder</i> Pneumático	95%	21	(-49,63; 39,83)	Validado
<i>Holder</i> Montagem	95%	22	(- 24,78; 5,4)	Validado

Com os resultados obtidos pode-se validar a simulação computacional na relação de quantidade produzida para cada um dos três tipos de *holder*. Essa validação possibilitou realizar as simulações dos ganhos de produtividade no desenvolvimento de produtos ao eliminar os desperdícios.

Durante a coleta de dados dos tempos de desperdícios o desenhista 4 (vide quadro 5.2) foi demitido. Sendo assim, se fez necessário realizar a simulação utilizando apenas os três desenhistas para simular os ganhos de produtividade que teria a empresa eliminando os desperdícios. Dessa forma, realizou-se a simulação com três desenhistas considerando o tempo com desperdícios comparado com a simulação dos três projetistas sem os tempos de desperdícios. A tabela 5.8 mostra os dados simulados de *holder* na empresa com três projetistas e com o tempo incluso de desperdícios.

Tabela 5.8 – Dados simulados do desenvolvimento de *holder* na empresa (três projetistas com os tempos de desperdícios)

Número de Replicações	Pneumático Simulado	Mecânico Simulado	Montagem Simulado
1	126	51	47
2	176	59	56
3	117	47	61
4	131	60	72
5	149	68	68
6	149	58	45
7	163	55	57
8	142	36	55
9	121	59	46
10	124	60	56
11	133	60	66
12	146	51	54
13	156	45	61
14	118	72	66
15	165	51	63
16	139	38	70
17	131	56	60
18	100	49	57
19	126	58	62
20	124	40	52
21	137	55	62
22	139	55	78

Assim, temos os seguintes desvios-padrão e as médias para cada *holder* na tabela 5.9 para os valores simulados com três projetistas e com os tempos de desperdícios.

Tabela 5.9 – Média e desvio padrão de cada tipo de *holder* dos valores simulados

	Pneumático	Mecânico	Montagem
Média	136,91	53,77	59,73
Desvio Padrão	17,99	8,93	8,41

A tabela 5.10 mostra os dados simulados de *holder* na empresa com três projetistas e sem os tempos de desperdícios verificados no desenvolvimento de produtos. O levantamento dos dados dos tempos de desperdício foi realizado através da observação do pesquisador e do levantamento dos colaboradores da empresa durante o período de 22 de fevereiro de 2008 até 14 de março de 2008. Em um mês foram identificadas 16 horas e 20 segundos de desperdícios. Esse tempo de desperdício foi considerando como um ganho para a empresa na

simulação dos dados sem desperdícios, considerando que a eliminação desses desperdícios acarretaria uma disponibilidade dos projetistas para o desenvolvimento de outros projetos. Dessa forma, foi acrescentado ao tempo simulado 16 horas para comparar quantos *holders* a mais a empresa poderia produzir se não tivesse os desperdícios. Assim, o valor total do tempo simulado, eliminando os desperdícios, foi de 192 horas.

Tabela 5.10 – Dados simulados do desenvolvimento de *holder* na empresa (três projetistas sem os tempos de desperdícios)

Número de Replicações	Pneumático Simulado	Mecânico Simulado	Montagem Simulado
1	173	69	52
2	123	57	73
3	156	56	81
4	158	53	69
5	128	66	62
6	139	69	54
7	165	60	67
8	148	62	68
9	173	61	66
10	149	76	63
11	151	60	69
12	167	62	63
13	136	60	65
14	181	62	82
15	146	60	66
16	159	64	80
17	174	42	68
18	157	50	65
19	137	66	68
20	146	70	65
21	169	73	72
22	119	76	68

Assim, tem-se os seguintes desvios-padrão e as médias para cada *holder* na tabela 5.11, para os valores simulados com três projetistas, sem os tempos de desperdícios e sem o retrabalho.

Tabela 5.11 – Média e desvio padrão de cada tipo de *holder* dos valores simulados

	Pneumático	Mecânico	Montagem
Média	152,45	62,45	67,55
Desvio Padrão	17,27	8,19	7,31

5.3.4 Análise de dados

Os resultados obtidos através do modelo simulado evidenciaram uma melhoria do processo de desenvolvimento de produtos quando os desperdícios citados na literatura são eliminados ou mitigados. Isso pode ser comprovado estatisticamente, comparando-se os valores totais produzidos na simulação do PDP com desperdícios e sem os desperdícios, conforme valores da tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Valores de *holders* produzidos na simulação com e sem desperdícios

Valores produzidos na simulação com desperdícios	Valores produzidos na simulação sem desperdícios
224	294
291	253
225	293
263	280
285	256
252	262
275	292
233	278
226	300
240	288
259	280
251	292
262	261
256	325
279	272
247	303
247	284
206	272
246	271
216	281
254	314
272	263

Foi realizado o teste Levene (Minitab 14 ®) (vide figura 5.11) para verificação da igualdade das variâncias. Para o teste de Levene considerou-se como hipótese nula (H_0) que as variâncias são iguais e hipótese alternativa (H_1) como de não igualdade dos dados.

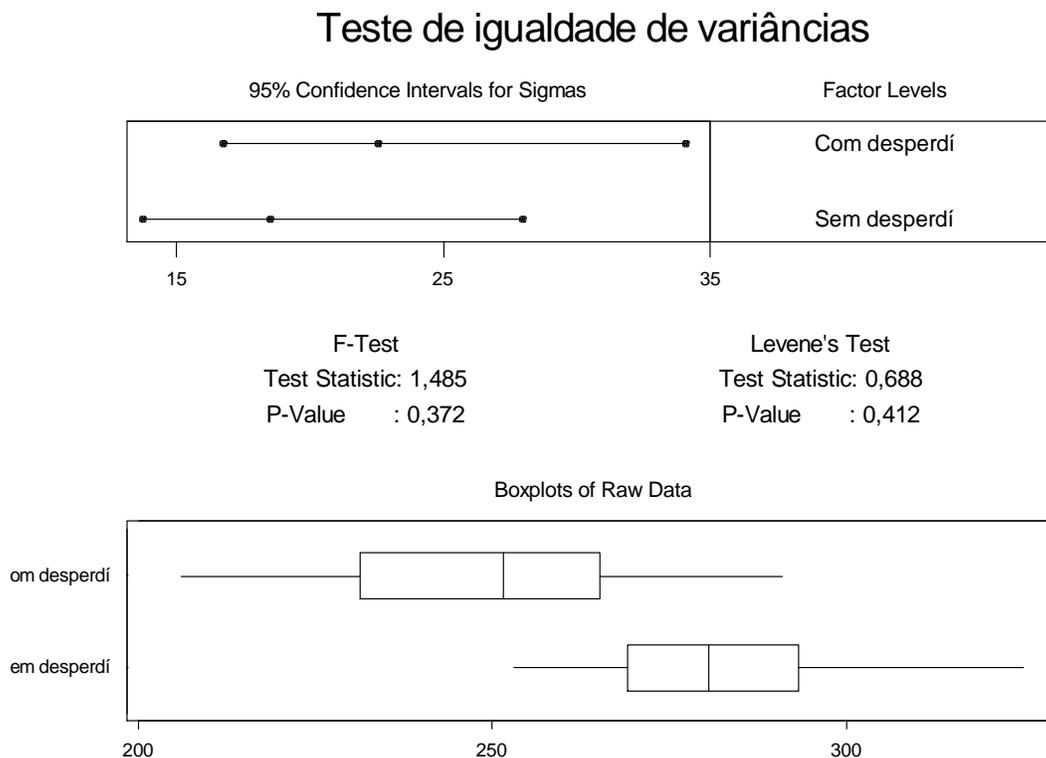


Figura 5.10 – Teste de igualdade para as variâncias dos valores simulados com desperdícios e sem desperdícios

O resultado obtido do teste de Levene (Minitab 14®), mostra que as variâncias em ambos os grupos amostrais resultaram em *p-value* maior que 0,05, ou seja, aceita-se a hipótese nula de igualdade das variâncias dos grupos.

As variâncias dos grupos são iguais, dessa forma pode-se realizar o *two-sample t* (Minitab 14®), com intervalo de confiança de 95%, para comparação entre as médias para verificar se houve melhoria efetiva no processo de desenvolvimento de produtos quando são eliminados os desperdícios do processo.

Após a realização dos testes obtiveram-se do Minitab 14® os valores dados pelo quadro 5.6.

Quadro 5.6 – Dados do *two-sample T*

Dados Minitab 14®				
Two-sample T for Com desperdícios vs Sem desperdícios				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Com desp	22	250,4	22,6	4,8
Sem desp	22	282,5	18,5	3,9
Difference = mu Com desperdícios - mu Sem desperdícios				
Estimate for difference: -32,05				
95% CI for difference: (-44,61; -19,48)				
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -5,15 P-Value = 0,000 DF = 42				
Both use Pooled StDev = 20,6				

Para o teste *two-sample t* considerou-se como hipótese nula (H_0) que as médias são iguais e hipótese alternativa (H_1) que as médias são diferentes.

O resultado obtido mostra, com 95% de confiança, que as médias para os grupos de *holders* produzidos com e sem desperdícios possuem médias diferentes, pois o *p-value* encontrado foi de 0,00, onde rejeitou-se a igualdade.

Eliminando ou mitigando os desperdícios no PDP a empresa poderia passar a produzir uma maior quantidade de *holders*, pois na média, a empresa produziria em torno de 12,8% de *holders* a mais.

5.5 Elaboração do plano de ação

Os resultados obtidos propiciam as oportunidades de aperfeiçoamento PDP estudado por intermédio das ações de estabelecer e implementar ferramentas que podem auxiliar a eliminar ou mitigar os desperdícios; estabelecer priorização entre os desperdícios, verificando os que afetam de forma considerável o tempo de desenvolvimento e a quantidade produzida no mês, melhor o *layout* do PDP da empresa para diminuir o tempo de movimentação e estabelecer a relação entre os desperdícios.

Os resultados obtidos mostram que existem desperdícios no processo e que podem ser propostas ferramentas para eliminar ou mitigar os desperdícios.

Capítulo 6 – Conclusões

6.1 Conclusões

Esta dissertação procurou mostrar que a implementação dos conceitos do pensamento enxuto e as ferramentas que nele se aplicam podem ser utilizadas no processo de desenvolvimento de produtos.

O pensamento enxuto não é apenas um modelo de produção diferenciado que altera os modos usuais de manufatura em uma linha de produção. Sua implementação representa uma mudança geral na empresa, principalmente na cultura das pessoas, podendo ser aplicado em toda empresa, inclusive no processo de desenvolvimento de produtos.

A aplicação do mapeamento de fluxo de valor, ferramenta da filosofia *lean*, no desenvolvimento de produtos, identificou desperdícios dentro do PDP da empresa estudada e nas interfaces entre os agentes envolvidos, a partir da análise do estudo de caso piloto do desenvolvimento de ROB's.

O objetivo geral do trabalho foi atingido, pois através da aplicação do mapeamento do fluxo de valor, apoiado pelas observações do processo pelo pesquisador, entrevistas com informantes-chave e análise documental, foi possível identificar os desperdícios de espera, transporte, movimentação desnecessária, processos inadequados, inventário, superprodução, defeitos, reinvenção e limitações nos recursos de TI no PDP da empresa estudada. Essa constatação responde às perguntas de pesquisa da fase qualitativa da pesquisa.

Entretanto, o desperdício de falta de disciplina não foi identificado pelo pesquisador durante a pesquisa. Uma das possíveis causas disso foi o fato da empresa possuir a certificação de seu sistema de gestão da qualidade pela norma NBR ISO 9001 (versão 2000), sendo que o processo de desenvolvimento de produtos faz parte do escopo. Isso sugere que as empresas que possuem um sistema de gestão da qualidade certificado, com um modelo de referência para o PDP implantado, podem apresentar menos desperdícios de falta de disciplina no processo de desenvolvimento de produtos.

Nos tópicos serão apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado, buscando, com isso, responder as dúvidas direcionadoras da pesquisa apresentadas no tópico 1.2 do Capítulo 1.

6.1.1. Analisar através da simulação o impacto da redução dos desperdícios no PDP estudado em termos de desenvolvimento concluídos

A realização da fase quantitativa da pesquisa tornou possível constatar, através da simulação computacional, que a eliminação dos desperdícios identificados no processo de desenvolvimento de produtos poderia proporcionar ganhos na ordem de 12% da quantidade de *holders* produzidos. Essa constatação propiciou aceitar a hipótese de pesquisa da fase quantitativa do presente estudo.

6.1.2. Analisar os fundamentos da filosofia *lean* no processo de desenvolvimento de produtos (PDP) que contribuem para mitigar os desperdícios

Os resultados da pesquisa sugerem que os desperdícios *lean* ocorrem como resultado da realização de todo o processo de desenvolvimento de produto, sendo que não foi possível precisar se há uma incidência maior desses desperdícios em alguma das fases específicas (planejamento do projeto, projeto conceitual, projeto detalhado, etc.) do PDP.

Com base nos resultados alcançados na simulação, e em algumas das possíveis causas dos desperdícios identificados, foi possível realizar algumas recomendações para empresa no sentido de mitigar esses desperdícios, tais como, a melhoria do *layout* do setor de projetos e a implementação das ferramentas da filosofia *lean* para diminuição dos desperdícios que afetam a produtividade da empresa.

A simulação computacional aplicada ao PDP permitiu avaliar como o processo se comportaria sem os desperdícios, sem a necessidade de implantar quaisquer recomendações, poupando recursos que não estariam disponíveis para a realização da pesquisa.

6.1.3. Analisar a contribuição do mapeamento do valor para a identificação dos desperdícios no PDP

O caso piloto permitiu verificar que a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor é útil para ser aplicada ao PDP e auxiliar na identificação dos desperdícios, pois assim como na manufatura, o PDP também possui um fluxo de agregação de valor.

6.1.4. Recomendar ações com base na filosofia *lean* para mitigar os desperdícios no PDP estudado

Os princípios do pensamento enxuto (valor, fluxo de valor, fluxo, produção puxada e perfeição) podem ser aplicados ao PDP. A aplicação desses princípios na empresa pode trazer melhorias para o processo de desenvolvimento de produtos, uma vez que contribuem para a mitigação dos desperdícios.

6.2 Recomendações para trabalhos futuros

Como recomendações para continuidade da pesquisa, sugerem-se:

- realizar um estudo para a priorização das ferramentas *lean* na implementação do pensamento enxuto no setor de desenvolvimento de novos produtos;
- propor indicadores de desempenho para a medição e o monitoramento do processo de desenvolvimento *lean* de produtos;
- identificar e analisar os impactos dos desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos de empresas de base tecnológicas incubadas e verificar se os desperdícios são influenciados pelo tipo de projeto (inovação, evolução, variação e reverso).

		empresa (arquivos eletrônicos), mudanças constantes: especificações, prazos, ...)?
3. Movimentação desnecessária	3.1	Os colaboradores necessitam de fazer algum tipo de movimentação (explicar e exemplificar) que é desnecessária e que poderia ser evitada?
	3.2	O acesso é direto aos dados, a outros colaboradores e aos modelos passados?
4. Processos inadequados	4.1	O pessoal que realiza o processo de desenvolvimento de produtos é capacitado para a atividade?
	4.2	Como se sabe (ênfase experiência e/ou formação)?
	4.3	Os equipamentos (e software) são apropriados ao propósito do PDP? Equipamentos e software são compatíveis com o que existe de mais moderno? Como você sabe o que existe de mais moderno?
	4.4	Como se desenvolvem novos produtos? Existe um procedimento formal? Ele é de fato realizado? Qual a abordagem (tradicional ou moderna)? A forma de execução da atividade do desenvolvimento do produto é a mais correta? São conhecidas outras formas? (ao definir a abordagem: tradicional ou moderna – perguntar sobre o conhecimento de outras abordagens (ver Rozenfeld)?
	4.5	Os produtos requerem um grau de precisão nas suas tolerâncias? Quais são esses graus requeridos?
5. Inventário	5.1	Todos os projetos são armazenados (fisicamente e eletronicamente)?
	5.2	Por quanto tempo os projetos ficam armazenados?
	5.3	Fácil acesso (rastrear os projetos parecidos)?
	5.4	São realizados testes nos protótipos? Quais são esses testes?
6. Superprodução	6.1	Os dados/informações dos projetos são coerentes desde o início do projeto?
	6.2	Há um excesso de projetos para a capacidade/quantidade de colaboradores?
	6.3	Como se dimensiona a capacidade?
	6.4	Qual é a atividade mais demorada no seu PDP?
	6.5	Existe repetição da atividade? Por qual motivo?
7. Defeitos	7.1	Quais mecanismos existem para identificar erros ao longo do PDP – sugestão listar as etapas e os mecanismos de controle existentes em cada etapa)
	7.2	Quais os tipos de falhas que mais ocorrem no PDP? (ver registros)
	7.3	Em que fases do PDP da empresa ocorrem mais defeitos?
	7.4	Os testes realizados trazem informações que ajudam o andamento do projeto?
8. Reinvenção 2% ainda acontece	8.1	Projetos anteriores são utilizados para o desenvolvimento de novos produtos?
	8.2	Esses projetos anteriores são facilmente encontrados?
	8.3	Existe uma sistemática para divulgar o conhecimento adquirido durante o desenvolvimento de novos projetos?
9. Falta de disciplina	9.1	Existem metas e objetivos claros para o PDP?
	9.2	As responsabilidades e autoridades estão bem definidas e são conhecidas por todos?
	9.3	Qual o nível de cooperação dos outros setores/pessoas com o seu setor/processo ou com você?
	9.4	Existe uma política para treinamento dos colaboradores do PDP?
	9.5	As atividades entre os setores são dependentes entre si?
10. Limitações nos recursos de TI	10.1	O processo é capaz de atingir seus objetivos?
	10.2	Os recursos de TI são suficientes para garantir a qualidade do PDP?
	10.3	O processo tem capacidade de atingir os resultados planejados?

Referências

- Albano, A. E. O.; Silva, C. E. S.. O processo de desenvolvimento de produtos no setor de máquinas para transformação do plástico. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba/PR, 2002.
- Back, N. Metodologia de projeto de produtos industriais. Guanabara Dois: Rio de Janeiro/RJ, 1983.
- Back, N.; Ogliari, A.; Dias, A.; Silva, J. C. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Editora Manole: Barueri/SP, 2008, 601p.
- Badin, N. T.. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos integrando fornecedores e baseado nos conceitos de engenharia simultânea, custeio-alvo e empresa virtual. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- Barnes, R. M. Estudo de movimentos e de tempos. São Paulo: Edgard Blücher, 6ª ed, 1982.
- Bauch, C. Lean product development: making waste transparent. Tese de doutorado. Technical University of Munich, Munich, 140p, 2004.
- Borchardt, M.. Diretrizes para a implementação dos princípios da mentalidade enxuta: o caso das empresas de transporte coletivo rodoviário urbano. Tese (Doutorado em engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2005.
- Burcher, P.; Bhasin, S.. Lean viewed as a philosophy. Journal of Manufacturing Technology Management. Vol. 17, No 1, p. 56-72, 2006.
- Campos, V. F.. TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Bloch Editores, 1992.
- Chagas, G. M. P. Sistematização da avaliação do processo de projeto de produtos utilizando gates. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Florianópolis/SC, 163p, 2004.
- Chase, J. P.. Value creation in the product development process. Dissertação de mestrado. Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- Clark, K. B.; Fujimoto, T. Product development performance: strategy, organization and management in the word auto industry. Boston-Massachusetts: Harvard Business School Press, 1991.
- Cooper, R. G.; Edgett, S. J. Product development for de service sector – lessons from market leaders. New York: Basic Books, 1999.
- Costa, A. V. R.; Dantas, L. M.; Almeida, M. S.; Golvinhas, R. P. A.. Pesquisa científica no Brasil sobre a gestão de desenvolvimento de produto. V CBGDP, Curitiba/PR, Agosto de 2005.
- Creswell, J. W.; Plano Clark, V. L.. Designing and conducting mixed methods research, California: Sage Publications, 265p., 2007.
- Crosby, P. B.. Qualidade é investimento. Rio de Janeiro: José Olympio, 1985.
- D’Oliveira, C. R. A contribuição da certificação NBR ISO 9001:2000 para a gestão do conhecimento do processo de desenvolvimento de produtos (PDP). Dissertação de Mestrado -

- Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá/MG, 2005.
- Deschamps, J. P.; Nayak, P. R.. Produtos irresistíveis: como operacionalizar um fluxo perfeito de produtos do produtor ao consumidor. São Paulo: Makron Books, 1997.
- Dias, F. T. Proposta de uma metodologia baseada em indicadores de desempenho para avaliação de princípios relativos à produção enxuta: estudo de caso em uma empresa fabricante de produtos para o setor médico-hospitalar. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2003.
- Driva, H.; Pawar, K. S.; Menon, U.. Measuring product development performance in manufacturing organizations. *International Journal of Production Economics*, v.63, p.147, 2000.
- Fearle, A.; Fowler, N.. Efficiency versus effectiveness in construction supply chains: the dangers of “lean” thinking in isolation. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 11, No. 4, pp. 283–287, 2006.
- Ferreira, M. G. G.. Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Florianópolis/SC, 127p., 1997.
- Dellaretti Filho, O. As sete ferramentas do planejamento da qualidade. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.
- Fiore, C. Accelerated product development – combining lean and six sigma for peak performance. New York: Productivity Press, 2005.
- Gavira, M. de O. Simulação computacional como ferramenta de aquisição de conhecimento. Dissertação de mestrado em engenharia de produção. São Carlos, 2003.
- Godinho Filho, M.; Fernandes, F. C. F.. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. *Gestão e Produção*, vol.11, no.1, p.1-19, Jan./Apr. 2004.
- Greasley, A. Using business-process simulation within a business-process reengineering approach. *Business Process Management Journal*, Vol. 9, No. 4, 2003.
- Greif, M.. The visual factory. Building participation through shared information. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press, Inc., 1991.
- Hartley, J. R.. Engenharia Simultânea. Bookman, Porto Alegre, 1998, p.42.
- Hines, P.; Holweg, M.; Rich, N.. Learnig to involve. A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.24, No. 10, p.994-1011, 2004.
- Invernizzi, G.. O sistema lean de manufatura aplicado em uma indústria de autopeças produtora de filtros automotivos. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas/SP, 99p, 2006.
- Jugend, D. Desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas de base tecnológica: práticas de gestão no setor de automação de controle de processos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2006.
- Junior, A. G. C.; Silva, C. E. S. Os fatores de fracasso no desenvolvimento de produtos: um estudo de caso de uma pequena empresa de alta tecnologia. 4o CBGDP - Gramado, RS, Brasil, 6 a 8 de outubro de 2003.

- Karlsson, C.; Alhaström, P.. The difficult path to lean product development. *Journal of product innovation management*, Vol.13, p. 283-295, 1996.
- Kaydos, W.. *Operational performance measurement: increasing total productivity*. New York: St. Lucie Press, 1988.
- Kempton, J. Can lean thinking apply to the repair and refurbishment of properties in the registered social landlord sector? *Structural Survey*, Vol. 24, No. 3, pp. 201-211, 2006.
- Kleijnen, J. P. C. Verification and validation of simulation models. *European Journal of operational Research*, Vol. 82, April 1995.
- Law, A. M.; Kelton, W. D. *Simulation modeling and analysis*. 2nd. ed. New York: McGraw Hill, 1991.
- Leal, F. Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, 2003.
- Lima, J. C. S.. Um estudo sobre a reconfiguração da função compras em empresas do setor produtivo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- Lobão, E. C.. Discussão, sistematização e modelagem do processo de realização de estudo de simulação. Tese de Doutorado Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- Machado, M. C.. Princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos: proposta de uma metodologia para implementação. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo/SP, 2006.
- Mascitelli, R.. *The lean desing guidebook – everything your product development team needs to slash manufacturing cost*. Northridge/CA: Technology Perspectives, 2004.
- Mello, C. H. P.; Silva, C. E. S.; Turrioni, J. B. e Souza, L. G. M.. *ISO 9001:2000. Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviço*. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- Milard, R. L. Value stream analysis and mapping for product development. Dissertação de Mestrado. Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- Mundim, A. P. F.; Rozenfeld, H.; Amaral, D. C.; Silva, S. L.; Guerrero, V.; Horta, L. C.. Aplicando o cenário de desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional. *Gestão e Produção*, v.9, n.1, abr. 2002.
- Nadia, B.; Gregory, G.; Vince, T.. Engineering change request management in a new product development process. *European Journal of Innovation Management*, Vol. 9, No 1, p. 5-19, 2006.
- Neto, G. G. D.. Uma contribuição à metodologia de projeto para o desenvolvimento de jogos e brinquedos infantis. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas/SP, 166p, 2005.
- O’Kane, J. F.; Spenceley, J. R.; Taylor, R.. Simulation as an essential tool for advanced manufacturing technology problems. *Journal of Materials Processing Technology*, n. 107, p. 412 -424, 2000.
- Ohno, T. *O sistema toyota de produção. Além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

- Oliveira, C. B. M.. Estruturação, identificação e classificação de produtos em ambientes integrados de manufatura. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.
- Paço, T. R.. Avaliação do uso de simulação como ferramenta complementar no desenvolvimento do mapeamento do fluxo de valor futuro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos/SP, 2006.
- Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.. Projeto na engenharia – Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos – Métodos e aplicações. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005.
- Paula, M. R.. Metodologia prática para criação de sistema de indicadores de desempenho. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas/SP, 2004.
- Pereira, I. C. Proposta de sistematização da simulação para fabricação em lotes. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá/MG, 2000.
- Pessôa, M. V. P.. Proposta de um método para o planejamento de desenvolvimento enxuto de produtos de Engenharia. Tese de Doutorado (Engenharia Aeronáutica e Mecânica), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP, 2006.
- Rodrigues, E. de O. Metodologia para formação de parceria em cadeia de suprimentos: enfoque por similaridade entre atividades. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas/SP; 2005.
- Romano, L. N. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis/SC, 266p, 2003.
- Rosa, E. B.; Pamplona, E. O.; Almeida, D. A.. Parâmetros de desempenho e os elementos de competitividade. XVI ENEGEP, Piracicaba/SP, 1996.
- Rosenthal, S.R.. Effective Product Design and Development – How to cut lead time and increase customer satisfaction. New York, N.Y. Irwin Professional Publishing, 1992.
- Rother, M.; Shook, J.. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. New York: Lean Institute Brasil, 2000.
- Rozenfeld, H.; Forcellini, F. A.; Amaral, D. C.; Toledo, J. C.; Silva, S. L.; Alliprandini, D. H.; Scalice, R. K.. Gestão de desenvolvimento de produtos. Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.
- Sánchez, A. M.; Pérez, M. P.. Lean indicators and manufacturing strategies. International Journal of Operations & Production Management, Vol.21, No. 11, pp. 1433-1451, 2001.
- Sargent, R. G.. Validation and verification of simulation models. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004.
- Scoralick, M. C. L. Gestão do processo de desenvolvimento de produtos de empresas de pequeno porte de base tecnológica de São Carlos: estudo de casos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2005.
- Shemener, R. W.; Vollmann, T. E.. Performance measures: gaps, false alarms and the “usual suspects”. International Journal of operations & production Management, V.14, n.12, p.58-69, 1994.

- Shingo, S.. O sistema toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- Silva, C. E. S.. Método para avaliação do desempenho do processo de desenvolvimento de produtos. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis/SC, 205p., 2001.
- Silva, M. M.. Aprendizagem organizacional no processo de desenvolvimento de produtos: investigação do conhecimento declarativo no contexto da sistemática de stage-gates. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2003.
- Sink, D. S, Tuttle, T. C.. Planejamento e medição para a performance. Trad. Elenice Mazzili e Lúcia Faria Silva. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1993.
- Slack, N.. Vantagem competitiva em manufatura. São Paulo: Atlas, 2002.
- Sobek II, D. K.; Ward, A. C.; Liker, J. K.. Toyota's principles of set-based concurrent engineering. Sloan Management Review, p.67-81, winter 1999.
- Sohal, A. S.; Egglestone, A.. Lean production: experience among australian organizations. International Journal of Operations & Production Management. Vol. 14, No 11, p. 35-51, 1994.
- Solimon, F.. Optimum level of process mapping and least cost business process re-engineering. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18, No 9/10, p. 810-816, 1998.
- Strack, J.. GPSS: modelagem e simulação de sistemas. Rio de Janeiro: LTC, 1984.
- Teixeira, C. A. R.. A confiabilidade como fator de valor na melhoria de produtos. Estudo de caso: sistema de embreagem automotiva. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2004.
- Tseng, M. M.; Quinhai, Ma; SU, Chuan-Jun. Mapping Customers Service Experience for Operations Improvement. Business Process Management Journal, Vol. 5, 1999.
- Vincent, G.. Managing new product development. New York: Van Nostrand Reinold, 1989.
- Wheelwright, S. C.; Clark, K. B. Revolutionizing product development – quantum leaps in speed, efficiency, and quality. New York: Free Press, 1992.
- Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D.. A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- Womack, P. J.; Jones, D. T.. A mentalidade enxuta nas empresas - lean thinking – elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro/RJ: Campus, 2004.
- Yin, R. Estudo de caso. Planejamento e métodos. 3ª Edição, Porto Alegre/RS: Bookman, 2005.
- Zancul, E. S.; Marx, R.; Metzker, A.. Organização do trabalho no processo de desenvolvimento de produtos: a aplicação da engenharia simultânea em duas montadoras de veículos. Gestão e Produção, Vol. 13, No. 1, p. 15-29, jan-abr 2006.