

APLICAÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN DESIGN* EM DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA: UMA APLICAÇÃO DE CASO¹

Antonio Carlos Ribeiro Junior²

Paulo César Correa Lindgren³

Vilma da Silva Santos⁴

Edson Aparecida de Araújo Querido Oliveira⁵

Resumo

O *Lean Design*, também conhecido em nosso idioma como Engenharia Enxuta, tem por objetivo a otimização das técnicas e etapas de um Projeto de Engenharia com base na redução do tempo de controle (*Lead time*) e no custo do desenvolvimento do produto, melhorando a qualidade e atendendo as necessidades do cliente. A Engenharia Enxuta, tema deste trabalho que foi desenvolvido, basicamente, em cima dos oito desperdícios e atividades da Manufatura Enxuta. A Engenharia Enxuta é aplicada especificamente no desenvolvimento (*Design*) do produto, ou seja, esta técnica visa otimizar ao máximo as etapas de desenvolvimento, sem comprometer as características de desempenho e função do produto. Os recursos necessários para cada etapa do desenvolvimento, as melhores ferramentas a serem utilizadas, análise dos custos de cada uma destas etapas, ou seja, todas as etapas são tratadas de forma diferenciada para atingir uma qualidade adequada e necessidades do cliente. Torna-se explícito que a implementação bem sucedida da Engenharia Enxuta requer um firme comprometimento da alta administração, aliado à completa adesão a cultura de busca e eliminação de desperdícios.

Palavras-chave: Engenharia enxuta; Manufatura enxuta; Redução de desperdícios.

LEAN DESIGN: APPLYING THE LEAN PHILOSOPHY IN PROJECTS DEVELOPMENT

Abstract

The Lean Design, also known in our language as Lean Engineering, has for objective optimizes the techniques and phases of the Engineering Project with basis on the Lead teams and cost reductions during the product development, improving the quality and taking care the customer requirements. The Lean Design, subject of this Monograph, it was developed, basically, over eight wastefulness and Lean Manufacturing activities. The Lean Design is applied specifically in the product development (Design), or either, this technique aims to optimize in maximum the development phases without especially compromising the characteristic of the product performance and function. The necessaries resources for each development phases, the best tools to be used, costs analyses of each one of these phases, or either, all phases are treaded of the differentiated form to reach the adequate quality and customer requirements. Also it will identify and analyze the tools and methodologies used. It becomes explicit during the reading that to successful implement the Lean Design, it is required a firm compromise of the upper management, coupled with the complete joint in a culture of waste search and elimination.

Key words: Lean design; Lean manufacturing; Waste reduction.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *MBA em Gerência da Produção e Tecnologia - Programa de Pós-graduação em Administração – Universidade de Taubaté..*

³ *Mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional – UNITAU - Professor do Programa de Pós-graduação em Administração – Universidade de Taubaté.*

⁴ *MBA em Gerência Financeira e Controladoria - Mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional – Professora do Programa de Pós-graduação em Administração – Universidade de Taubaté.*

⁵ *Doutor em Organização Industrial - ITA – Coordenador do Programa de Pós-graduação em Administração – Universidade de Taubaté.*

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais de mercado globalizado, os produtos desenvolvidos exigem um aprimoramento cada vez maior quanto à rapidez e acerto do produto final, com maior qualidade e redução de desperdícios em todas as fases de desenvolvimento do produto. Conscientes desta necessidade, as Engenharias buscam novas sistemáticas e metodologias que permitam desenvolver, projetar e fabricar o produto de forma eficaz e eficiente, sendo a principal metodologia conhecida como *Lean Design* (Engenharia Enxuta).

Dentro deste panorama atual, em que a competitividade é de fundamental importância para as organizações, vários segmentos da Indústria têm aderido a esta nova metodologia. Esta Monografia visa ilustrar algumas das ferramentas e metodologias adotadas por algumas Empresas e mostrar que, de forma direta ou indireta, a utilização destes meios traz um considerável ganho de tempo e dinheiro para as Empresas.

Os conceitos e princípios do LD (*Lean Design*) serão reforçados no conteúdo deste trabalho, assim como um comparativo das ferramentas da *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta) com o LD e exemplos de Empresas do ramo Automobilístico, Aeronáutico, Naval e Companhia de Consultoria serão reportados. Uma graduação simultânea de mestrado em gestão e em engenharia mecânica, onde se mostra a aplicação do LD na linha de montagem da *Boeing* também complementar o conteúdo deste trabalho.

Finalizando esta pesquisa, um estudo de caso de uma Empresa Aeronáutica será apresentado, ilustrando algumas ferramentas e metodologias utilizadas nos últimos anos e uma idéia dos ganhos e benefícios que a utilização do LD propiciou para esta Empresa.

O objetivo deste trabalho é estudar e apresentar como o Sistema de *Lean Design*, está sendo aplicado na indústria aeronáutica, com foco principal nos resultados positivos, evidenciando os conceitos e metodologias do LD. Será abordado um comparativo entre o sistema em estudo e o *Lean Manufacturing*, ou seja, suas principais semelhanças e aplicações, tomando como base as informações obtidas através de pesquisas focadas em redução de custo e desperdícios, metodologia e ferramentas de aplicação na Indústria Automobilística (*Toyota*), relatos de utilização na Indústria Naval e Aeronáutica.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O *Lean Design* é a busca de um maior aprimoramento quanto à rapidez e acerto do produto final, onde as fases de desenvolvimento de um produto utilizam-se de artifícios que alcançam uma maior qualidade e redução de desperdícios. A grande competitividade do mercado leva as organizações a exigirem das respectivas Engenharias o desenvolvimento de sistemas e metodologias que permitam desenvolver, projetar e fabricar o produto de forma eficaz e eficiente, sendo LD o nome atribuído a esta metodologia.

Em 1930, representantes da indústria japonesa (*Toyota*) visitaram os EUA, pois enfrentavam problemas de baixa produtividade e falta de recursos, o que naturalmente os impedia de evoluir e adotar um sistema de produção em massa. O sistema *Toyota* de Produção, também chamado de Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*), foi criado por três pessoas (*Toyoda Kiichiro*, seu pai e *Taiichi Ohno*), logo após a Segunda Guerra Mundial (1939–1945), onde o objetivo principal era a

eliminação contínua de desperdícios e o aumento da eficiência da produção, tendo este conceito evoluído ao longo do tempo.

No período de 1970, foi inventado o Sistema de Produção de Toyota (TPS). Desde então, muitas companhias adotaram este Sistema ou "*Lean Manufacturing Method*" (métodos de manufatura enxuta), melhorando a competitividade e realizando enorme economia de custos. Notou-se então que somente o LM não seria suficiente para se manter competitivo no mercado de trabalho. Necessitou-se de um ritmo mais rápido para lançar produtos com preços competitivos e atender aos pedidos dos Clientes.

Para alcançar os níveis da Toyota em desempenho e para sobreviver aos desafios globais, deve-se fazer uma análise da aplicação do *Lean Design* e de outros conceitos estratégicos no desenvolvimento de um novo produto; quando se utiliza o LD efetivamente nos produtos e os Seis Sigma da Qualidade para atingir as metas de custos acordados, o resultado é rápido e o produto com maior qualidade.⁽¹⁾

Um problema básico é com relação aos processos tradicionais de desenvolvimento do produto, onde a maioria dos custos está fixada antes da longa fase de lançamento da produção. Os produtos que não atingem as expectativas do cliente em termos de preço, desempenho, e benefícios, acabam não vendendo bem.

Os projetos que chegam à fábrica tardiamente, com áreas não equipadas na produção, problemas sérios de manufatura, e problemas não resolvidos da engenharia, não determinam os benefícios da manufatura enxuta. Infelizmente este tipo de problemas está se tornando cada vez mais freqüente, e não exceções.⁽¹⁾

Aplicar ferramentas-padrão de *Lean* no processo do desenvolvimento de um novo produto reduzirá certamente o tempo de controle do desenvolvimento. Para o desenvolvimento de um novo produto pode-se minimizar o tempo de controle e maximizar o desempenho do produto de acordo com os requisitos do cliente e mantendo a meta de custo. Estes objetivos podem ser alcançados através da interação dos conceitos de *Lean* e o método do Seis Sigma. O resultado deste trabalho traz para Companhia um produto de alto nível de qualidade e com boa margem de lucro (Figura 1).

2.1 O sistema de *Lean Design*

O foco na eliminação do desperdício "valor não agregado" no desenvolvimento do produto e no processo de desenvolvimento é uma maneira de se obter o "equilíbrio excelente". Algumas Empresas, seguindo os princípios do "pensamento *lean*", alcançam uma redução expressiva dos desperdícios na área de manufatura (produção) tornando o fluxo produtivo, através da aplicação de alguns conceitos e técnicas como a gerência de materiais (JIT) *Just-in-Time* (no tempo exato), e o KAIZEN, ou busca de melhoria contínua. Empresas que não adotam as técnicas *Lean*, propiciam condições do surgimento de desperdícios e ineficiência no processo de manufatura.^(2,3)

As empresas que adotaram o sistema *Lean* na produção e podem avaliar os benefícios, passaram a aplicar alguns conceitos através da analogia do *Lean Manufacturing* no *Lean Design*. As principais oportunidades para se atuar no Projeto e na Engenharia com foco na redução dos custos são: redução do material direto, redução do custo do trabalho direto, redução das despesas gerais operacionais, minimização do custo do projeto não-recorrente e do investimento.

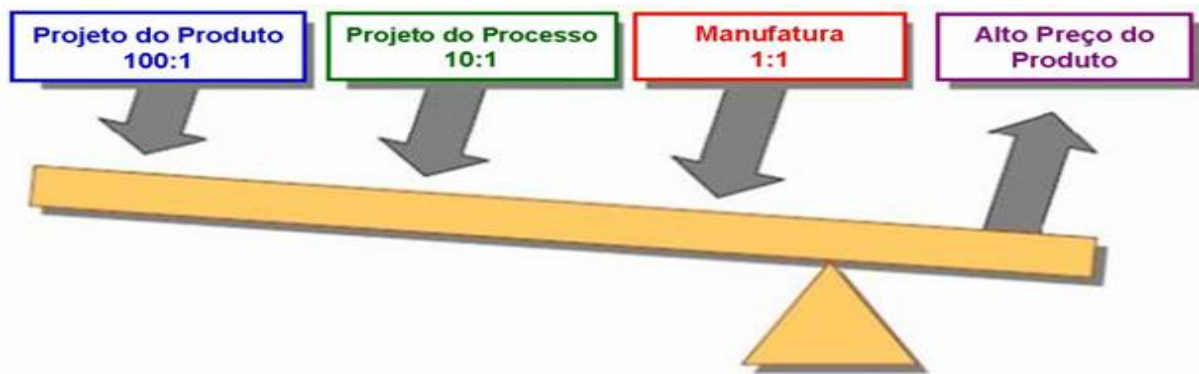


Figura 1 - Benefícios do esforço da redução de custo em cada fase do desenvolvimento do produto.⁽¹⁾

As oportunidades para a redução de desperdício na fase do projeto surgem de algumas áreas onde ocorrem desperdícios na Produção, os quais são relativamente fáceis de identificar e mensurar, podendo-se extrapolar a aplicação para outros processos no desenvolvimento de produto. Segundo uma pesquisa elaborada pela NX Digital e registrada no *Product Development White Paper*, o quadro a seguir identifica e avalia alguns tipos de desperdício na fase de projeto de um produto.

As Empresas utilizam ferramentas e métodos para atingir um alto nível de sinergia e desempenho em novos projetos de produtos. Para serem eficazes, os mesmos devem ser aplicados nos pontos apropriados em um processo integrado de desenvolvimento de produto.

Para ilustrar como as novas e existentes ferramentas são combinadas em um processo integrado de desenvolvimento de produto, utiliza-se o diagrama *seven-step* (sete etapas) no processo de LD. A Figura 2 ilustra o diagrama.⁽¹⁾



Figura 2 - Seven Steps no processo Lean Design.⁽²⁾

- **Definir o produto:** deve ser claro o que o mercado deseja, ou seja, é fundamental se ouvir de forma eficiente o cliente nesta primeira fase. As ferramentas e os métodos considerados são: Versão mais eficiente do Desdobramento da Função da Qualidade (QFD - *Quality Function Deployment*), Retorno das técnicas de aprendizado e testes, Pesquisas de mercado ou de cliente, Grupos com foco, Métodos Kano - utilizado para identificar as necessidades do cliente solicitadas e não solicitadas;
- **Time de otimização da linha de produto (PLOT-Product Line Optimization Team):** com uma definição clara do produto, a Empresa pode solicitar ao PLOT uma análise do novo produto, com relação a material em estoque, processos, layout e outros. As especificações propostas do produto são analisadas em função da capacidade dos processos;
- **Determinar o custo meta:** determinar o custo meta para um novo projeto, onde os requisitos do projeto são priorizados em função de necessidade e benefícios do cliente. O time desenvolve um modelo de custo preliminar, ferramenta esta utilizada pelos designers na fase inicial de concepção. Novos produtos podem ser mensurados de forma representativa com relação a custo;

- **Traduzir requisitos em especificações:** técnicas de valores de engenharia são adotadas pelo time de projeto durante o desenvolvimento de novos produtos para gerar uma lista de alternativas inovadoras de projeto, considerando um amplo espectro de possibilidades antes da definição da concepção final. As necessidades do cliente (valores) e o custo de manufatura são considerados através de uma simples ferramenta comparativa do time de Projeto. A escolha final do projeto representa um balanceamento das necessidades do cliente, do custo e da qualidade. Cinco categorias (fatores de custo) são confrontadas com algumas alternativas de projeto pelos responsáveis, quais sejam: trabalhos diretos, materiais diretos, capital determinado, custos de projeto e fatores de sobrecarga;
- **Projeto no nível de sistema:** para garantir uma concepção otimizada, um mapeamento da linha de produção é analisado pelo time de projeto, com oportunidades sendo identificadas para expansão e customização do produto. Na consolidação de um projeto, algumas considerações da plataforma de projeto são incorporadas. O time também considera uma estratégia de aplicar economias em futura expansão da linha do produto, modularidade e fator de escala;
- **Projetos no nível detalhado:** em novos projetos, detalhamentos são elaborados para averiguação das compatibilidades com os processos da linha produtiva da empresa. A metodologia Seis Sigma, ao fazer uso da ferramenta DOE (*Design of Experiments* – Projeto de Experimentos), é utilizada com ênfase para avaliação de fatores como baixa qualidade, custo, tolerância de projeto e capacidades do processo, otimizando assim as variáveis de projeto e parâmetros de processos. É um método capaz de propiciar, na situação atual de vários projetos e variáveis do processo, uma interatividade nos efeitos do desenvolvimento de um produto, tornando o produto mais robusto; e
- **Processo, Preparação e Produção (3P):** considera-se a produtividade de um novo produto um fator relevante para assegurar uma transição suave e rápida de um novo projeto na empresa. Recentes estudos da *Toyota Way* (Caminho da Toyota) geraram um modelo de processo, preparação e produção (3P), considerado a etapa final do Processo Lean Design. É composto de sete etapas os quais garantem a integração do desenvolvimento de um novo produto, melhorando a aceitação do mercado (cliente) e tempo de lançamento e redução de custo de produção. O LD ilustra a competência para garantir a competitividade no mercado.

3 APLICAÇÃO DO LEAN DESIGN NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA.

Os pesquisadores que estavam associados ao IMVP (*International Motor Vehicle Program* – Programa internacional de veículos motores) no MIT (*Massachusetts Institute of Technology* – Instituto de tecnologia de Massachusetts) foram os primeiros a identificar o paradigma da Manufatura Enxuta, ao estudarem o Sistema Toyota de Produção. As práticas adotadas no IMVP, com relação aos aspectos dos negócios relacionados com a manufatura, levam a resultados altamente positivos em termos de custo, qualidade e produtividade.

Em 1993 o MIT iniciou estudos para determinar se os conceitos *Lean* adotados no IMVP eram aplicáveis à indústria aeronáutica militar. Após alguns resultados positivos, um programa de pesquisa denominado LAI (*Lean Aircraft Initiative* – Iniciativa da Aeronave Enxuta) foi implementado em parceria com a Força Aérea Norte-Americana e algumas indústrias, buscando a melhor produtividade e redução dos custos na indústria aeronáutica militar.

O LAI atua nas áreas de desenvolvimento de produto, nas relações de suprimentos, nas operações de manufatura e nas políticas industriais por meio de times dedicados e o IPT (*Integrated Product Team* – Time integrado do produto), existindo a participação de três áreas: governo, indústria e academia (MIT). O desenvolvimento e a produção aeronáutica sob a metodologia do *Lean Design* é fruto desta pesquisa conjunta para determinação e validação das melhores práticas.⁽⁴⁾

O *Lean*, o Seis Sigma e outras metodologias e ferramentas de melhorias na produção vêm sendo adotadas nos últimos anos pelas indústrias aeroespaciais, visando uma relativa melhoria da qualidade, diminuir o tempo de entrega e custos de seus produtos durante todo seu ciclo de vida. O setor de engenharia é particularmente uma área de alto nível de aplicação do pensamento *Lean* onde os

engenheiros de ponta tomam decisões que influenciam de 60 a 80% dos custos no ciclo de vida do produto.

A indústria aeronáutica tem presenciado grandes benefícios com a aplicação dos princípios *Lean*, não somente na manufatura e no gerenciamento da rede de fornecedores, mas também na engenharia, sendo altamente influente nas decisões importantes de engenharia, onde até 80% dos preços nas unidades dos produtos aeroespaciais podem ser reduzidos.

As áreas como de criação de produtos corretos, com ciclo de vida efetivo na integração da empresa e utilização de processos eficientes de engenharia, consistem na estrutura de *LD* controlados pela *Lean Aerospace Initiative* (Iniciativa da Aeronáutica Enxuta).

Uma série de programas de aeronaves militares e comerciais tem empregado elementos específicos de *LD* nas últimas décadas, mas, como poucos têm sido os programas que rigorosamente aplicam todas as ferramentas da metodologia *Lean*, não se obtém todo o potencial disponível para o cliente no custo/benefício do produto.⁽⁵⁾

Das três áreas de *Lean Design*, a mais importante é a criação do produto correto, com características do cliente, requisitos finais do usuário e arquitetura que possibilitem o projeto a se integrar com os *upgrades* (atualizações) a serem feitos de acordo com as necessidades do cliente.⁽⁴⁾

Durante a fase de desenvolvimento do produto, os engenheiros devem projetar os produtos para que sejam produzíveis e tenham aderência com a expectativa do consumidor em relação a preço, desempenho, qualidade e cronograma (data de entrega). Para realização destes eventos é necessário um estreitamento entre a engenharia e o cliente, manufatura e fornecedor, para o que algumas empresas usam o IPT (*Integrated Product Teams* – Times integrados do Produto).

Estudos indicam que há um "desperdício" nos processos típicos utilizados no projeto de aviões mais recentes. Os aviões militares e comerciais modernos são assuntos do aumento da demanda de desempenho e custo solicitados pelos clientes, reguladores, e da sociedade em grande escala a fim produzir um produto competitivo.

Os princípios básicos do *Lean Design* não são complicados, e são observados freqüentemente em programas aeronáuticos do passado. O desafio principal para o programa de liderança é ter disciplina para adotar a maioria deles, em uma abordagem integrada do programa.⁽⁵⁾

A aeronave ilustrada na Figura 3, um Boeing 777 é o resultado da manufatura com foco no ciclo de vida do produto e de uma empresa integrada.



Figura 3 - Boeing 777 na Engenharia Integrada – Sistema de Manufatura.⁽⁶⁾

A Boeing realizou no programa comercial dos aviões 717 a aplicação das Nove Tácticas da *Lean Manufacturing*, que nada mais são do que princípios e técnicas que modificam os procedimentos das linhas móveis de montagem final das aeronaves Boeing. O procedimento efetuado à aplicação das chamadas Nove Tácticas está embasado nos princípios do LM para transformar os processos atuais para linhas móveis contínuas, que podem ser observadas na Figura 3.

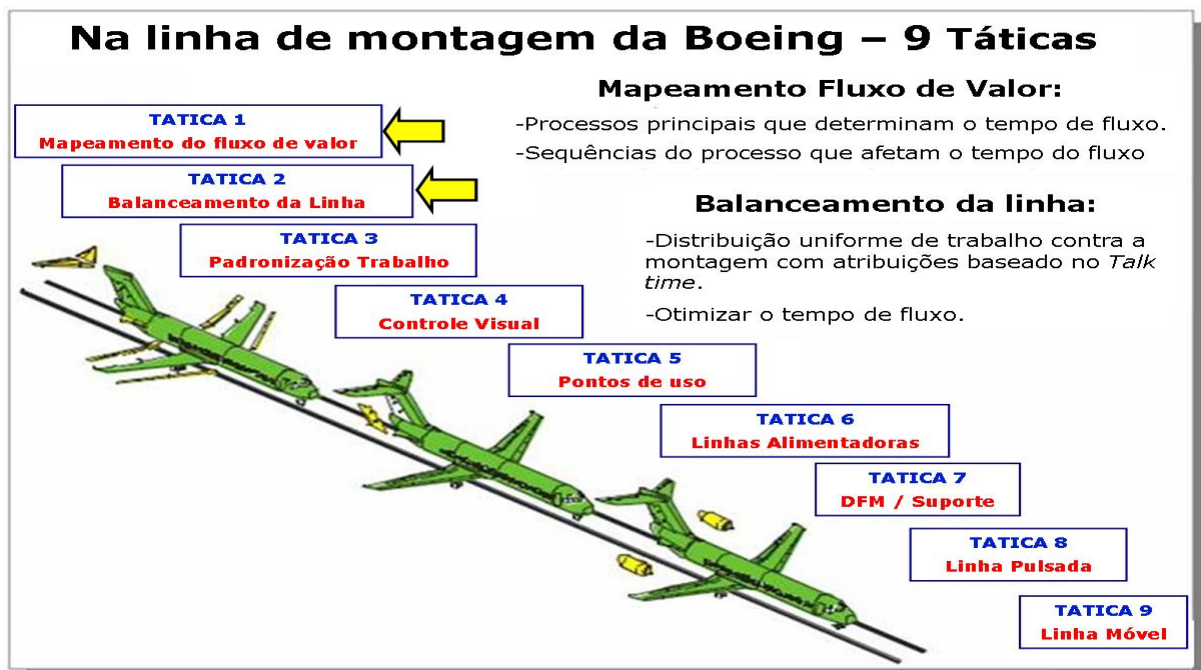


Figura 3: Aplicação das Nove Tácticas – Linha de Montagem em movimento.⁽⁶⁾

Uma observação importante da aplicação das duas primeiras tácticas é que as Nove Tácticas não podem ser executadas sequencialmente, como pode ser sugerido pela ordem em que são apresentadas na literatura da Boeing.

As táticas 1 e 2 do projeto foram executadas simultaneamente em diferentes etapas da estrutura. A fim de fortalecer este argumento, a tática 3 foi utilizada também para documentar os processos de melhoria na estrutura. Segue um resumo de cada uma das nove táticas utilizadas pela Boeing na linha móvel de montagem:

- **Tática 1 - Como conhecer o valor do fluxo:** os empregados e os gerentes devem definir um estado futuro do negócio e os objetivos e as métricas associadas, passando a compreender como o atual negócio se comportam e como as diferentes funções e processos trabalham juntos, afetando cada segmento da empresa. Com essa tática, utilizando a análise do fluxo de valor, os empregados e os gerentes podem compreender como aplicar melhor os recursos e métodos onde fornecerão maior benefício;
- **Tática 2 – Balanceamento da linha:** distribuir igualmente entre os empregados a quantidade e a variedade do trabalho ao longo do tempo disponível para o mesmo, evitando sobrecarregar e subutilizar os recursos;
- **Tática 3 – Padronização de Procedimentos de Trabalho:** com essa tática objetiva-se resultados de alta qualidade, assegurando-se que todos façam o mesmo trabalho da mesma maneira e o melhor possível. Essa tática também fornece a habilidade para detectar rapidamente anomalias ou defeitos;
- **Tática 4 – Colocar controles visuais nos lugares necessários:** auxilia os empregados, imprimindo celeridade à produção, subdividindo em indicadores de progresso e indicadores de problema;
- **Tática 5 – Colocar tudo no ponto do uso:** consiste em fornecer aos trabalhadores exatamente o que necessitam para realizar suas tarefas (informações corretas, peças, ferramentas, e equipamentos), onde e quando eles precisam;
- **Tática 6 - Estabelecer linhas alimentadoras:** permitem que em uma área de montagem se façam tarefas de pré-montagem, executando-as fora da linha de produção principal. Estas tarefas podem, então, ser realizadas antes ou ao mesmo tempo em que as tarefas do conjunto principal que estão sendo executadas na linha principal;
- **Tática 7 – Radical re-projeto de Produtos e Processos de negócios:** visa à redução do fluxo de tempo, do estoque de trabalho e das incidências de defeitos. Com uma compreensão melhor do relacionamento entre materiais, processos, e máquinas, os empregados podem repensar radicalmente o processo inteiro de transformação;
- **Tática 8 – Converter para linha pulsada:** aqui os produtos são posicionados em uma configuração em linha reta no chão da fábrica e permanecem em uma estação da produção por um determinado período de tempo, antes de avançarem para uma outra estação. Os processos padrões, sistemas de controle visuais, plataforma do ponto de uso e os sistemas alimentadores estão nos lugares, permitindo que o trabalho flua continua e rapidamente, ou seja, também promove a celeridade; e
- **Tática 9 - Converter para linha móvel:** a linha só pára quando um problema é detectado. O ritmo da linha é determinado pela taxa da demanda de cliente. As peças, as ferramentas, e os equipamentos são dirigidos ao longo da linha em movimentação, de modo que os empregados têm tudo que necessitam, onde e quando necessitam terminar seu trabalho.

Ressalta-se que a maior parte de configuração de um sistema produtivo de manufatura é uma tarefa complexa que envolve, além da parte econômica, as flutuações frequentes da produção.

A estrutura proposta pela Boeing é fundamentada em metodologias sucintas e na apreciação econômica, entregando ao *stakeholder* patrocinador o produto principal. Vale dizer que a análise econômica da linha de conjunto de alternativas da configuração é suportada pelo aproveitamento do indicador métrico financeiro do lucro econômico, também conhecido como “valor econômico agregado”.

A aplicação de metodologias sucintas no projeto de sistemas de produção e de plantas de execução da produção, sem uma compreensão dos comparativos econômicos na destinação dos recursos, pode resultar num sub-aproveitamento do lucro e do negócio.⁽⁶⁾

A meta do programa é tornar a Boeing a primeira entre as empresas, no topo de desenvolvimento em termos de preservar a satisfação do cliente, prover retorno aos acionistas e ter empregados qualificados e motivados, ou seja, com uma moral melhor (Figura 4).



Figura 4 - Gerenciamento de concepção de valores.⁽⁶⁾

A economia de um programa comercial de aviação é muito sensível à demanda do mercado, devido aos custos elevados envolvidos. Exemplificam-se com o programa Boeing 717, cujas ordens conjeturadas do cliente para o referido programa, à data, não refletiram as projeções originais do mercado e, sendo assim, o programa precisou robustecer-se a fim de resistir às avaliações financeiras comerciais do grupo Boeing sobre a continuidade do mesmo.

Através de uma seqüência otimizada foi possível padronizar em um processo o treinamento mais suplementar de coordenação industrial. A saúde econômica de um programa comercial é muito sensível ao seu surgimento no mercado e à demanda devido aos custos, sendo correto afirmar que devem ser realizadas avaliações financeiras comerciais freqüentes a fim de se controlar o prosseguimento do programa, depreendendo-se que a estratégia é estar na dianteira da execução de iniciativas enxutas, buscando a redução de custos.

Há que se observar que o VSM (*Value Stream Mapping* – Mapeamento do Fluxo de Valor) deve ser elaborado empregando-se questionamentos, analisando-se apenas a seqüência das atividades críticas, programando-se a administração, a fim de que esta planeje a produção, e calculando os custos de oportunidade dos recursos usados.

Com a utilização da *Lean Manufacturing* a gerência passa a ter uma maior compreensão da destinação de recursos para a linha de conjunto final. Vale salientar que a Boeing, através de equipes multidisciplinares, desenvolveu o VSM com empregados da produção, engenharia industrial, garantindo, destarte, a qualidade.⁽⁷⁾

Através de uma seqüência otimizada foi possível padronizar em um processo o treinamento mais suplementar de coordenação industrial. A metodologia do VSM ajuda ainda a identificar:

- oportunidades para melhoria, ou "desperdício" associado ao processo;
- os principais processos que determinam o tempo do fluxo; e
- as principais seqüências dos processos que afetam o tempo do fluxo, e as principais limitações no processo.

3.1 Recursos de balanceamento da linha de montagem

No caso da Boeing, há dois pilares que suportam o sistema de produção enxuta: o *just-in-time* (JIT) e o *Jidoka*, sendo certo que o objetivo é o de combater o desperdício e melhorar a qualidade dos produtos. Há também três princípios propostos pela Boeing, que são: produção puxada *Takt Time*; fluxo de uma única peça só e produção da tração. A aplicação desses princípios levou a Boeing a uma resposta mais rápida ao cliente, estabelecendo qualidade de produto mais elevada, uso mais eficiente do espaço, e custos mais baixos.⁽⁸⁾

A Boeing incentiva seus empregados a fazerem escolhas quanto ao projeto, certo que isso gera um valor que pode ser mensurado pelo lucro econômico sobre o prazo e, a medida deste lucro econômico pode ser conceituada como os lucros, operando-se líquidos da medida financeira após os impostos devidos, subtraindo-se a o tempo de recursos e o custo capital.

Na Boeing, cada departamento influencia os custos, o uso dos recursos pela empresa, ou os rendimentos da companhia. A fórmula do lucro econômico ajuda o empregado a vislumbrar que sua organização contribui para o bem-estar financeiro total da companhia.⁽⁶⁾

Entende-se que, para se desenvolver a *Lean Manufacturing* numa empresa, é preciso analisar os procedimentos como um todo, aplicar as contribuições dos empregados em pontos estratégicos e, dessa forma, a produção poderá ser vista como uma seqüência estável de conexões de procedimentos.

Existe uma fórmula de mensuração de lucros, onde cada equipe tem influência sobre os custos, o uso dos recursos e até sobre os rendimentos, sendo certo que esta fórmula pode auxiliar o empregado a vislumbrar que ele, bem como sua equipe, contribui com o equilíbrio financeiro da empresa.

Ao contrário das maneiras tradicionais de medir o lucro, esta fórmula faz uma análise do cliente e do capital que será gasto em recursos para construir produtos, fornecer serviços e gerar vendas. Se o dinheiro gerado extrapolar o custo dos recursos, então o produto ou o programa cria o valor para a companhia.

Ressalta-se que, para a Boeing, o lucro econômico é a melhor medida financeira do único período, mas confiar apenas nele pode influenciar negativamente na tomada de decisão. Quando da tomada de decisões estratégicas em longo prazo de avaliação, a Boeing sugere “a criação de valor” como a medida apropriada, pois se trata da soma do lucro econômico descontado ao longo do tempo, num determinado período.⁽⁹⁾

A primeira etapa a ser seguida quando se fala em *Lean Manufacturing* é o mapeamento do atual fluxo do valor (VSM), uma vez que fornecerá um gráfico do procedimento a ser avaliado, proporcionando ajustes no mesmo. Nesse sentido há que se definir uma metodologia para a elaboração do VSM.

Ao executar uma análise econômica do projeto, a Boeing, através de seu departamento de engenharia industrial, pôde compreender os *tradeoffs* (Análises comparativa) dos recursos utilizados pela linha de conjunto e por sua força de alavanca na economia do programa, esta compreensão levou à escolha da melhor linha de conjunto para o programa.

Uma empresa poderá ter seus lucros aumentados reduzindo custos em todas as atividades de negócio, eliminando o desperdício. Dessa forma, entende-se que a análise de custo deve ser focalizada em estimar o custo total do sistema (uma organização, programa, ou projeto), melhor que em custos individuais nos estágios ou em partes desse sistema.

Na aplicação da LM a Boeing mantém-se atenta e cuidadosa no que se refere ao tempo disponível do trabalho, onde os recursos devem ser distribuídos, ou seja, sob o uso do tempo do trabalho cada membro da equipe deve ter uma distribuição desse trabalho equilibrada diariamente. Não obstante, uma distribuição uniforme, através das posições, não deve ser descartada. Ressalta-se que há práticas que podem ser aplicadas com o intuito de alcançar os objetivos de eliminação do uso excedente e sem controle dos recursos e de amortizar o tempo do fluxo que de fato é necessário, sendo certo afirmar que essas práticas tratam-se de soluções que visam um equilíbrio.

A LM sugere a automatização do trabalho por meio de processos intensivos e essa automatização é aplicada aos procedimentos que não requerem análise intelectual, tal como algumas etapas na operação do equipamento.⁽⁸⁾

Quanto ao que se refere à análise econômica, esta requer que haja compartilhamento sobre a informação financeira entre as diferentes partes da organização, sendo que devem ser realizados esforços no sentido de se examinar os detalhes para, assim, assegurar o fluxo seguro desta informação para as diferentes áreas.⁽⁶⁾

5 CONCLUSÃO

O *Lean Design*,⁽⁸⁾ ou Engenharia Enxuta, é uma metodologia desenvolvida recentemente, originária da filosofia *Lean*, e que contribui para que as empresas sejam cada vez mais competitivas, possibilitando sua permanência na acirrada disputa pelo mercado global, isto porque torna possível oferecer produtos e serviços com custos e prazos decrescentes, com qualidade assegurada e, principalmente, atendendo as necessidades dos clientes.

A pesquisa realizada evidenciou que a utilização das ferramentas e metodologias do LD por empresas de variados segmentos, trouxe, consistente e seguramente, vários benefícios, dentre os quais se destacam os obtidos com a redução de desperdícios, com as fases do desenvolvimento bem definidas, com a capacitação em ferramentas adequadas para análises variadas, como: acessibilidade, manutenibilidade, montagem e ergonomia, entre outras aplicações.

Os conceitos e princípios do LD foram reforçados no conteúdo deste trabalho, assim como foi abordado um comparativo com as ferramentas da Lean Manufacturing. Tornou-se evidente no desenvolvimento desta monografia que a implementação bem sucedida da Engenharia Enxuta requer um firme comprometimento da alta administração (gestão), conciliado com a completa adesão à cultura de busca e eliminação de desperdícios, em todos os níveis da empresa.

Finalizando, conclui-se que algumas empresas que empregam metodologias de ponta, ao buscar benefícios e atendimento das necessidades dos clientes, ancoradas em redução de desperdícios, fases bem definidas de projeto e manufatura, e utilização de ferramentas de alta tecnologia, garantindo maior qualidade e redução de tempos e custos, acabam, indiretamente, fazendo uso dos princípios do *Lean Design*.

REFERÊNCIAS

- 1 ETI Group, 2005. Disponível em: <www.etigroupusa.com> Acesso em: 15/07/2007.
- 2 LINDGREN, Paulo Cesar Corrêa. Implantação do Sistema de Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) na Indústria Aeronáutica, 2004, 302f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté.
- 3 NX Digital Product Development White Paper. Disponível em: <www.ugs.com/brasil/products/nx/cad.shtml> Acesso em: 10/11/2006.
- 4 LINDGREN, Paulo Cesar Corrêa. Implantação do Sistema de Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) na Embraer, 2001, 179f. Monografia (Curso MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté.
- 5 HAGGERTY, A.; MURMAN, E. Evidence of Lean Engineering in Aircrafts Programs, 25th International Congress of the Aeronautical Sciences, 2006.
- 6 GASTELUM, Victoria Elena. Thesis of Application of Lean Manufacturing Techniques for the Design the Aircrafts Assembly Line, MIT Sloan School of Management Department of Mechanical Engineering - Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- 7 HUTHWAITE, B. The Lean Design Solution, Institute for Lean Design Mackinac Island, Michigan, 2004.
- 8 JAMES, Morgan. Applying Lean Principles to Product Development, SAE in Manufacturing, University of Michigan, 2006.
- 9 KEARNEY A. T. The Line on Design: How to Reduce Material Cost By Eliminating Design Waste, 2003. Disponível em: <<http://www.atkearney.com>> Acesso em: 12/06/2007.