

## O impacto do Sistema *Lean* de Desenvolvimento na estrutura organizacional da área de engenharia: um estudo de caso

Ricardo Renovato Nazareno (EESC- USP) naza@sc.usp.br  
Roberta Pinezi Junqueira (EESC- USP) rpju@prod.eesc.usp.br  
Antônio Freitas Rentes (EESC- USP) rentes@sc.usp.br

### Resumo

*A reestruturação organizacional é realizada nas empresas na busca de melhor desempenho operacional. À medida que avança o entendimento sobre as aplicações do sistema lean na produção, percebe-se que uma fábrica lean depende também do desenvolvimento lean (de produtos, processos, fornecedores, etc.). O objetivo deste artigo é mostrar o impacto da aplicação dos conceitos de produção enxuta na área de engenharia de uma empresa do setor agroindustrial. Serão apresentados os conceitos utilizados no processo de implantação do sistema de desenvolvimento lean. Nota-se que o Desenvolvimento Lean de Produtos está totalmente alinhado com a filosofia lean e com as práticas adotadas na empresa permitindo, sobretudo, a redução no ciclo do desenvolvimento do produto, redução de custos transacionais e o aumento da capacidade de gerar inovações e, conseqüentemente, o aumento do ciclo de vida útil do produto.*

Palavras-chave: Desenvolvimento Lean; Processo de Desenvolvimento do Produto, Estrutura Organizacional

### 1. Introdução

Devido ao processo de globalização produtiva os concorrentes passaram a pressionar muito mais duramente, pelo fato espantoso de que o espaço de mercado passou a ser o mundo inteiro. Essa necessidade de serem competitivas tem levado as empresas a tornarem-se flexíveis e eficientes no atendimento a seus clientes. Defeitos e atrasos na entrega dos produtos são mazelas não mais aceitas pelos consumidores. A crescente exigência destes por produtos customizados e entregas rápidas tem provocado um litígio entre as empresas e o tradicional sistema de produção em massa, que muitas vezes não consegue atingir as expectativas dos clientes (PINEDO, 2003).

Dentro desse contexto, cada vez mais empresas buscam na filosofia *lean* um novo paradigma para nortear suas operações em direção a uma redução de custos de modo a torná-la competitiva. E focalizam essencialmente em seus processos de manufatura.

Por outro lado, BERNARDES e OLIVEIRA (2000), afirmam que, além da produção, aspectos como o período de desenvolvimento e de utilização do produto passam a ganhar importância. A competência essencial deste tipo de empresa passa a ser expressa na excelência do *design*. Com isso, presenciou-se uma mudança no regime de inovação e desenvolvimento de engenharia de projeto em direção a um padrão de rotinas mais integradas e compartilhadas entre os parceiros.

À medida que avança o entendimento sobre as aplicações do sistema *lean* na produção, percebe-se que uma fábrica *lean* depende também do desenvolvimento *lean* (de produtos, processos, fornecedores, etc.). Com isso, é necessário se aprofundar nos princípios e ferramentas que possibilitam ao sistema *lean* de desenvolvimento gerar produtos e processos de qualidade, menores custos e prazos (PICCHI, 2004).

## 2. Lean Thinking

Quando Taichi Ohno começou a galgar os primeiros passos no desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (STP), popularizado atualmente pelo termo de Produção Enxuta, este buscou eliminar uma série de problemas inerentes ao sistema de produção em massa, que obliterava a alavancagem do sistema produtivo da empresa. Nesse contexto, Ohno identificou e eliminou uma série de desperdícios dentro do setor produtivo. Segundo Hines & Taylor (2000), os princípios da produção enxuta desenvolvidos por Ohno foram:

1. Especificar o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do cliente. Ao contrário do que tradicionalmente se faz, não se deve avaliar sob a óptica da empresa ou de seus departamentos.
2. Identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios.
3. Promover ações com objetivo de criar um fluxo de valor contínuo, sem interrupções, ou esperas.
4. Produzir somente nas quantidades solicitadas pelo consumidor.
5. Esforçar-se para manter uma melhoria contínua, procurando a remoção de perdas e desperdícios.

Womack & Jones (1996) ressaltam que sete tipos de desperdícios foram identificados por Shingo (1996) para o Sistema Toyota de Produção:

1. *Superprodução*: Produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de inventário;
2. *Espera*: Longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em lead times longos;
3. *Transporte excessivo*: Movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;
4. *Processos Inadequados*: Utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva;
5. *Inventário desnecessário*: Armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixa performance do serviço prestado ao cliente;
6. *Movimentação desnecessária*: Desorganização do ambiente de trabalho, resultando baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens.
7. *Produtos Defeituosos*: Problemas freqüentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixa performance na entrega;

A Toyota tem conseguido, sistematicamente, desenvolver produtos e respectivos processos com menores custos, mais rapidamente e com melhor qualidade que seus concorrentes. Mas, em grande medida, este sucesso deve-se à aplicação da filosofia implícita no TPS em suas diversas atividades. Nesse sentido, o processo de desenvolvimento dos produtos, além de ser capaz de captar as dimensões do que seria valor para o cliente é orientado pelas implicações operacionais e tecnológicas, que estarão, num momento seguinte, nos processos de manufatura, dentro e fora da empresa.

### 3. Desenvolvimento *Lean*

O desenvolvimento *Lean* de produtos, segundo Ward (1999), está alinhado à filosofia *lean* e as práticas adotadas na empresa, englobando fábrica, relação com clientes e fornecedores, na organização das ações internas e gestão dos fluxos de valor. Este mesmo autor afirma que as empresas buscam na filosofia *lean* um paradigma para nortear suas operações em direção a uma redução de custos de modo a torná-las mais competitivas, focalizando em seus processos de manufatura.

Segundo Picchi (2004), as transformações *lean* iniciadas na manufatura rapidamente ficam limitadas quanto à sua eficiência, custo e qualidade do produto. Produtos difíceis de montar, peças não padronizadas, variedade desnecessária, grande variedade no início do processo, equipamentos pouco flexíveis e fornecedores inadequados são fatores causadores desta limitação.

Como evidenciado por vários autores, o foco do Sistema de Produção Enxuta é o combate aos desperdícios. Ward (1999) identifica os mais relevantes desperdícios presentes nos fluxos e atividades envolvidas especificamente com o processo de desenvolvimento:

- Dispersão

Desperdício decorrente de mudanças freqüentes no modo de se fazer as coisas. Perde-se conhecimento e know-how adquiridos ao longo do tempo. A toda hora inicia-se uma nova "curva de aprendizagem", requerendo requalificações. O problema pode se agravar à medida em que mudanças tornam-se mais constantes e abrangentes.

- "*Handoffs*"

Causado pela separação entre conhecimento, responsabilidade e autonomia de ação. Muitas empresas separam essas três dimensões, buscando fragmentar as atividades ao máximo, acreditando que quanto maior a divisão do trabalho, melhor. Existem gerentes que detêm a responsabilidade, porém não entendem nada sobre design. Especialistas determinam os parâmetros para o design, mas não o fazem. Supervisores de engenharia aprovam as partes, mas não participam do design. Ou, o operador do CAD determina as formas, mas não conhece nada de engenharia e não tem nenhum grau de responsabilidade sobre o desempenho do projeto.

- "*Wishful thinking*"

Desperdício decorrente da inadequação de decisões tomadas de forma precipitada, carentes de dados corretos, experimentações e questionamentos adequados. Os projetos tradicionais frequentemente tomam decisões sem base em dados, causando enormes desperdícios que vão acumulando-se ao longo do tempo. Por exemplo, as especificações iniciais de um projeto comumente impõem inúmeras restrições ao longo do ciclo de vida do projeto.

Outras categorias de desperdícios encontradas no desenvolvimento de produto são:

- Espera
- Informação desnecessária
- Testar somente para atender especificação, focado na conformidade e não em gerar conhecimento que poderia ser reutilizado;
- Conhecimento descartado, não incluindo soluções anteriores e da concorrência, bem como não registra conhecimento gerado no projeto;
- Barreiras à comunicação;
- Ferramentas pobres e inadequadas.

Com base nestes desperdícios, Ward (1999) definiu um Sistema *Lean* de Desenvolvimento, com cinco elementos fundamentais integrados, conforme mostrado na figura abaixo:



Fonte: Ward (1999)

Figura 1: Sistema *Lean* de Desenvolvimento

- Foco na criação de fluxos de valor rentáveis

O objetivo final de um processo de desenvolvimento lean deve ser o funcionamento pleno de um fluxo de valor rentável. Pensar o produto a ser manufaturado conjuntamente com as operações das quais resultará é fundamental para que se consiga otimizar a utilização dos recursos, evitando desperdício e garantindo a rentabilidade econômica. Os fluxos envolvidos nos processos de desenvolvimento devem estar orientados para a criação de valor para o cliente final.

- Liderança empreendedora sistêmica

Todo o processo de desenvolvimento na Toyota possui um líder empreendedor experiente. A relevância desse líder chama a atenção, pois seu papel permeia praticamente todas as dimensões envolvidas no processo. Esse líder deve conhecer profundamente os desejos e aspirações do cliente final, deve garantir a rentabilidade do projeto, deve administrar impasses, levando à consensos, deve ser oferecer suporte técnico; enfim, deve ser capaz de nortear todo o processo de forma a garantir seu sucesso.

- Cadência, fluxo contínuo e puxado

Assim como no chão de fábrica, o ritmo cadenciado e a lógica do fluxo contínuo e puxado também são os elementos operacionais essenciais que garantem a agilidade e os baixos custos dos processos de desenvolvimento. Deve-se garantir que a informação e o conhecimento fluam de maneira cadenciada (*takt time*), contínua (sem esperas, sem retornos) e puxada (de acordo com a demanda real da próxima etapa) durante todo o desenvolvimento. A informação certa deve estar disponível no momento certo, no lugar correto e na quantidade adequada. Lembre-se que uma das maiores fontes de desperdícios verificadas nos processo de desenvolvimento diz respeito ao uso incorreto que se faz do conhecimento e da informação gerada.

- Times de especialistas responsáveis

Especialistas devem ser combinados de forma a comporem equipes multidisciplinares, suficientemente autônomas, co-responsáveis pelo projeto. A tarefa de criar novos conhecimentos, sistematizá-los e comunicá-los ao resto das pessoas envolvidas no projeto fica a critério dos times de especialistas responsáveis. São esses especialistas os responsáveis pela transposição de barreiras tecnológicas e de conhecimento envolvidas na busca de fluxos de valor enxutos e rentáveis. A visão sistêmica de otimização do todo e não das partes é fundamental.

- Engenharia simultânea baseada em conjuntos de possíveis soluções

Os designers da Toyota pensam em termos de conjunto de possíveis alternativas num primeiro momento, e, à medida que a data limite para o lançamento do produto se aproxima, esse conjunto de alternativas vai sendo reduzido. As possíveis soluções vão se afunilando. O que se mostra inviável é descartado e o que resta continua a ser estudado. O resultado final, portanto, não fica sujeito a mudanças. A solução é definitiva.

Algumas decisões são propositadamente retardadas, por mais paradoxal que isso possa parecer, pois se tomadas no início do processo e de forma equivocada podem vir a invalidar grande parte do trabalho a ser feito dali em diante. Atrasos dessa natureza podem comprometer o timing de lançamento e inviabilizar o projeto como um todo.

Informações mesmo incompletas, não definitivas e antecipadas são passadas para os fornecedores, que seguem o mesmo método: apresentam uma gama de soluções e, junto com a montadora, vão descartando as alternativas que se mostram menos viáveis. A relação da Toyota com seus fornecedores é bastante peculiar com parcerias efetivas, e usa a sua cadeia de fornecedores como fonte de conhecimento e melhoria de competitividade.

#### **4. CONFIGURAÇÕES DE ESTRUTURA ORGANIZACIONAL**

Zuim e Guzmán (2001 *apud* MINTZBERG,1995) afirmam que a estrutura organizacional, através de uma perspectiva restrita, é representada pelas formas disponíveis para dividir um processo completo em tarefas e agrupar as tarefas similares com a finalidade de ganhar em economias de escala via especialização de funções e coordenar essas mesmas tarefas.

O autor lista as cinco configurações da estrutura organizacional. Em cada configuração, uma parte diferente da organização desempenha o papel mais importante e um diferente tipo de descentralização é utilizado.

O primeiro tipo é a Estrutura simples, em que a cúpula estratégica exerce uma tração para a centralização, por meio da qual pode manter o controle sobre a tomada da decisão. Isto ela consegue quando a supervisão direta se dirige para a coordenação. Neste caso, pode-se dizer que o núcleo estratégico se confunde com o núcleo operacional. É caracterizada pela existência de poucos assessores de apoio, reduzida divisão do trabalho, diferenciação mínima entre suas unidades, falta de padrões registrados, pequena hierarquia administrativa e pelo conhecimento de todo o processo.

O segundo tipo de estrutura é a Burocracia Mecanizada, caracterizada pelo surgimento de uma linha intermediária para interligar o núcleo operacional e o núcleo estratégico e para tratar dos distúrbios entre trabalhadores altamente especializados do núcleo operacional. Esta linha intermediária cria um fluxo vertical que incorpora retroalimentação acima e elabora os planos de ação que vêm hierarquia abaixo. Surgimento também de uma tecnoestrutura que exerce sua tração para a padronização, principalmente para a dos processos de trabalho. Está sujeita ao surgimento de conflitos, pois os trabalhadores são cobrados por índices de desempenho diferentes.

O terceiro tipo de estrutura é a Burocracia Profissional. Neste caso, os membros no núcleo operacional procuram minimizar a influência dos administradores, visto que o trabalho passa a ser realizado por especialistas, tais como professores universitários, médicos e profissionais e entidades de classe. Com isso, eles promovem a descentralização horizontal e vertical. Trabalham com relativa autonomia, obtendo tudo o que é necessário para a coordenação através da padronização de habilidades. Dessa forma, os operadores exercem uma tração para a profissionalização, isto é, para o apoio do treinamento externo que amplia suas habilidades.

O quarto tipo de estrutura é a forma divisionalizada. Os gerentes da linha intermediária passam a retirar o poder da cúpula estratégica para baixo e, se necessário, do núcleo operacional para cima, a fim de concentrá-lo em suas próprias unidades. Dividem a estrutura em unidades baseadas no mercado, que podem controlar suas próprias decisões, ficando a coordenação restrita à padronização de suas saídas. O mecanismo de coordenação é a padronização de resultados viabilizado por meio de sistema de controle de desempenho. Finalmente, o quinto tipo de estrutura é a *adhocracia*, na qual a assessoria de apoio consegue mais influência na organização quando sua colaboração é solicitada para a tomada de decisão em virtude de sua perícia. Isso ocorre quando a organização é estruturada em constelações de trabalho para as quais o planejamento é descentralizado seletivamente, proporcionando a inovação sofisticada e a capacidade de fundamentos tirados de diferentes especialidades em equipes de projeto *ad hoc* que operam suavemente. Ou seja, ninguém monopoliza o poder para inovar. Por fim, a descrição de cada um das cinco estruturas tem principalmente a finalidade de nos capacitar a propor uma forma básica para classificar organizações.

## 5. ESTUDO DE CASO

A seguir, será apresentada a aplicação da filosofia *lean* ao processo de desenvolvimento de produto de uma indústria do setor agroindustrial. Serão apresentados as etapas do projeto e os resultados obtidos.

### 5.1 Apresentação da Empresa

A empresa está localizada na cidade de Batatais e produz implementos agrícolas. Essa é uma empresa de grande porte, com foco principalmente na área de plantio. Seus principais produtos são: plantadoras adubadoras; distribuidores de fertilizantes; colheitadoras; semeadoras; trato pecuário; picadores desintegradores; adubadores e cultivadores; equipamentos de transporte e roçadeiras.

O processo de aplicação da filosofia *Lean* ao processo de desenvolvimento de produto da empresa passou basicamente pelas seguintes etapas:

#### 5.1.1 Definição das Famílias de Produtos pela Engenharia

Nesta etapa inicial foram identificados os segmentos de produtos da empresa. Em seguida, foram definidas quatro famílias de segmentos conforme similaridade de processo de desenvolvimento dos mesmos.

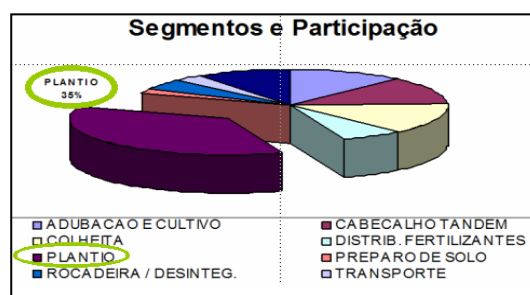


Figura 2: Segmento e famílias de produtos

As famílias definidas foram:

1. Plantio
2. Pecuária
3. Fertilizantes Corretivos
4. Colheita

### 5.1.2 Diagnóstico de problemas

Utilizando a técnica de *brainstorming*, foi feito um diagnóstico dos principais problemas na área de engenharia e na sua interface com as áreas comercial e de produção.

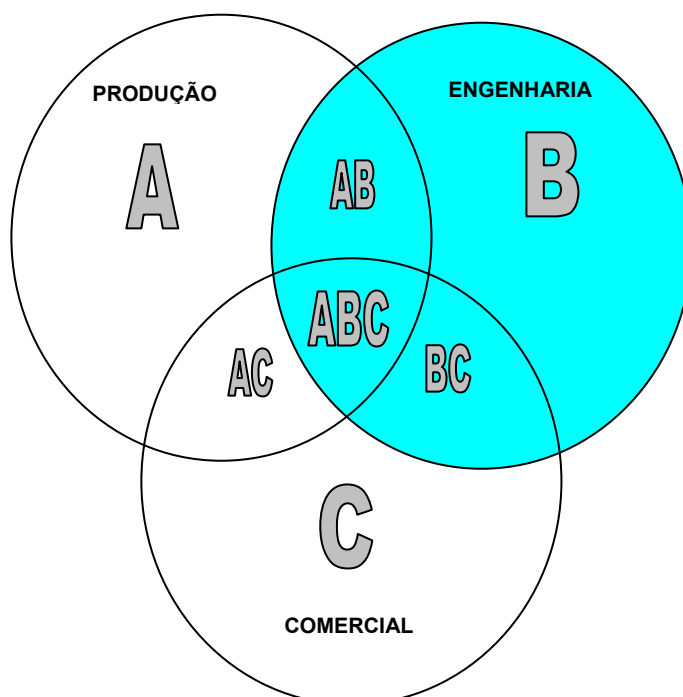


Figura 3: Modelo utilizado para *brainstorming*

Descrição dos problemas:

**ABC** – Check-list/ erros e atrasos, falta de padronização e procedimentos para check-list.

**B** – Formulário de check-list induz à erros.

**BC** – Falta de treinamento para vendedores sobre novos produtos.

**B** – Falta no procedimento de desenvolvimento de produto, treinamento para vendedores, assistentes técnicos, montadores, inspetores, etc.

**B** – Engenharia é acessada por diversos agentes e não existe um procedimento de padronização. (dispersão)

**BC** – Necessidade do mercado não estão com as entradas centralizadas.

**BC** – Geralmente a mais projetos do que a equipe tem a capacidade para desenvolver.

**B** – Pesquisa e desenvolvimento de produtos está realizando trabalhos de atendimento a clientes, como por exemplo: enviando peças que já são de produção, identificando peças, etc.

**B** – O pai do projeto (Gerente) e o projetista, não está gerenciando o projeto.

**BA** – Falta de apoio da produção para a construção do protótipo.

**B** – A fase de testes sempre é a atropelada.

**B** - Pesquisa e desenvolvimento de produtos (PDP) e projeto industrial do produto (PIP) fazem muitas coisas em duplicidade.

**BC** – São desenvolvidos vários produtos que não constam no P&D (Plano anual).

**BA** – A entrada de melhorias e revisões na produção não está sendo acompanhada pelo PCP.

**ABC** – Falta de integração entre PDP, PIP, PPF, PCP, comercial e produção no desenvolvimento de produtos (engenharia simultânea).

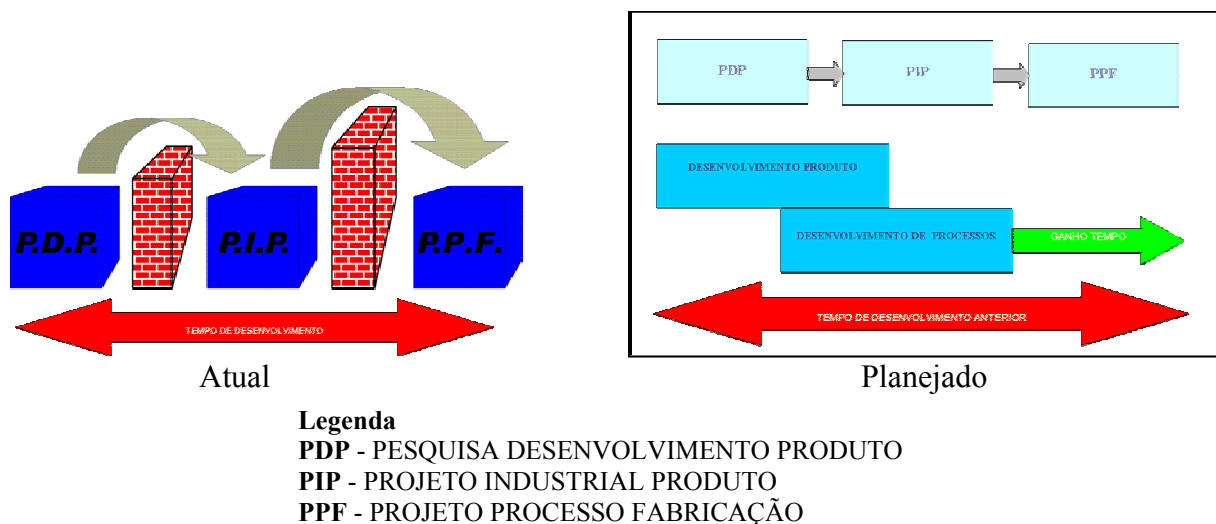


Figura 4: Linha do tempo para o desenvolvimento de produtos (antes e planejado)

**B** – O fluxo de informação entre PDP, PIP, PPF, PCP está desbalanceado.

**BA** – Desenhos de montagem estão incompatíveis com os que existem na produção.

Com base nestes problemas e no conhecimento prévio da filosofia *lean* de desenvolvimento de produtos, a empresa resolveu montar uma nova estrutura de trabalho para a área de engenharia. Na seção seguinte será detalhada esta nova estrutura.

## 5.2 Nova estrutura de trabalho para a área de engenharia

Para a reestruturação da área de engenharia introduziu-se o conceito de família de segmentos, para a qual foram criados líderes dedicados. Neste caso, equipes multidisciplinares

descentralizadas foram formadas, criando-se um modelo de organização matricial para o desenvolvimento em conjunto de partes da máquina.

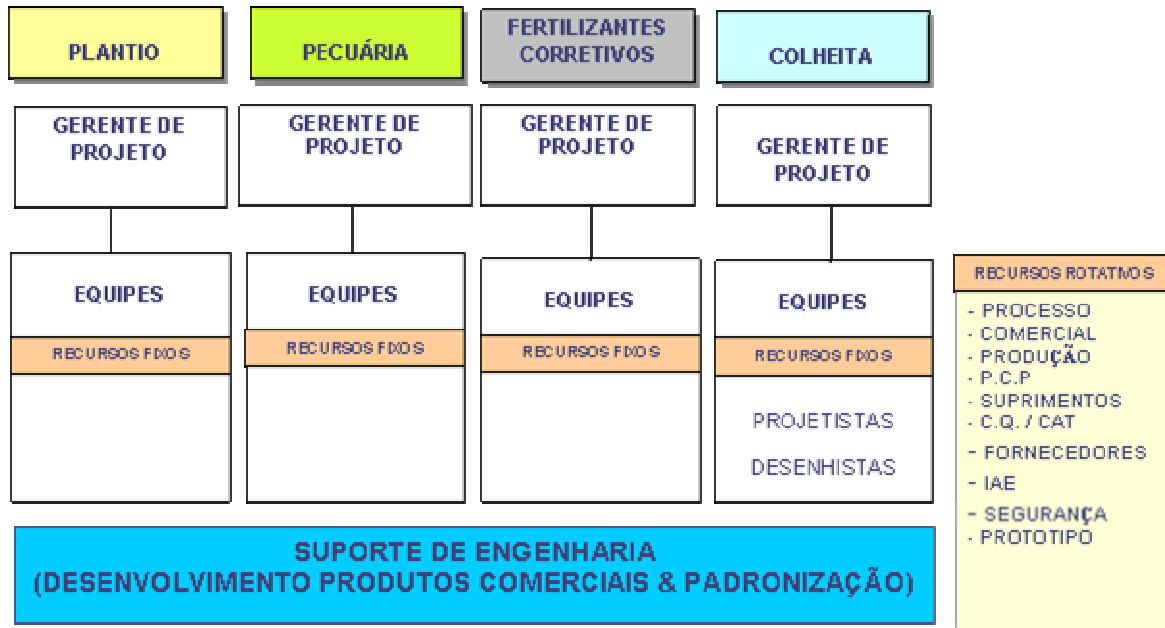


Figura 5: Estrutura organizacional de desenvolvimento de produtos

A liderança neste tipo de sistema é de grande importância, tendo um engenheiro coordenador que faz o papel de líder. Este tipo de estrutura é muito parecido à estrutura por *design centers*, como mostrado na figura 6.



Fonte: Pichi (2004)

Figura 6: Estrutura por Design Centers

Neste tipo de estrutura, time de especialistas tem o dever de desenvolver e registrar o conhecimento, administrando conflitos e utilizando fornecedores como membros do time, para assim gerar resultados. Pode-se somar a isso a aplicação de conceitos lean de manufatura agilizando etapas físicas do projeto, como por exemplo, na organização de oficinas por

família de produtos, trabalho em células, fluxo FIFO e utilizando o fluxo puxado de insumos. Sendo assim, o planejamento é descentralizado e o fluxo cadenciado e puxado.

O "aprendizado emergente" está implícito nessa dinâmica, pois trata-se de saber gerir o conhecimento acumulado com as experiências, ao longo do tempo. Não se reinventa a roda a cada novo projeto. Dá-se enorme importância às lições aprendidas, que não se perdem. Esse conhecimento acumulado não fica restrito a documentos formais ou rotinas sistematizadas apenas, mas se concentra também sob a forma de experiências pessoais daqueles ligados ao projeto. São essas pessoas, trabalhando sob supervisão de uma "liderança empreendedora", inseridas num processo de comunicação eficiente e direto e sob a forma de equipes multidisciplinares, que tornam factível o excepcional desempenho verificado (PICCHI, 2004). Um outro ponto particularmente interessante nessa nova estrutura é que ela combate o desperdício de dispersão, forma equipes de especialistas, mas, ao mesmo tempo, garante padronizações e evita trabalhos em duplicidade em função dos recursos rotativos, que se especializam não num segmento específico mas nos subsistemas críticos e que normalmente são compartilhados pelas diferentes famílias.

## **6. CONCLUSÃO**

Esta aplicação mostra que os conceitos, técnicas e ferramentas da Produção Enxuta podem se estender além dos limites das linhas de montagem automobilísticas. Os conceitos dessa filosofia de produção desenvolvida na Toyota Moto Company podem ser utilizadas nos mais diversos tipos de indústrias. Com isso, o objetivo deste artigo foi, além de apresentar uma aplicação no setor agroindustrial, mostrar que o Desenvolvimento Lean de Produtos está totalmente alinhado com a filosofia lean e com as práticas adotadas na empresa, quer sejam na fábrica, na relação com clientes e fornecedores e na organização das ações internas e gestão dos fluxos de valor.

Por fim, a expectativa é de que esta nova estrutura no regime de inovação e desenvolvimento de engenharia de projeto, embora ainda esteja nos estágios iniciais, permita, sobretudo, a redução no ciclo do desenvolvimento do produto, redução de custos transacionais e o aumento da capacidade de gerar inovações e, conseqüentemente, o aumento do ciclo de vida útil do produto.

## **7. REFERÊNCIAS**

BERNARDES, R. e OLIVERA, L.G. (2000). O desenvolvimento do design em sistemas complexos na indústria aeronáutica: o caso de gestão integrada de projetos aplicada ao programa ERJ-170/190.

HINES, P., TAYLOR, D. (2000), Going Lean, Lean Enterprise Research Centre, Ed., Text Matters.

MINTZBERG, H. (1995). Criando organizações eficazes: estruturas em cinco configurações. São Paulo: Atlas.

NAZARENO, R. (2003), Proposta de um Método para Concepção, Desenvolvimento, Implementação e Monitoramento de um sistema de Produção Enxuta, Dissertação de Mestrado, São Carlos.

NAZARENO, R. R., SILVA, A. L. e RENTES, A. F. (2003), Mapeamento do fluxo de valor para produtos com ampla gama de peças, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP.

PICHI, F. (2004) Desenvolvimento Lean de Produtos. Lean Summit 2004.

PINEDO, V. (2003), Tsunami - Construindo organizações capazes de prosperar em maremotos, Ed. Gente, SP.

ROTHER, M.; SHOOK, J. (1998), Learning to See, The Lean Enterprise Institute, MA, USA.

SHINGO, S., (1996), Sistemas de Produção com estoque zero, Productivity Press, Inc.

WARD, A. (1999), Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering, Sloan Management Review, Inverno 1999, v 40, p. 67-83.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. Simon & Schuster, New York.