

Método para participação da produção no desenvolvimento enxuto de produto

Telmo Ribeiro de Campos (GEPEQ/PPGEP, UFSCar, SP, Brasil) – trcampos@uol.com.br

• Rod. Washington Luis, km 235, CEP: 13565-905, São Carlos-SP, Fone/Fax: (55) 16-3351-8239

Sergio Luis da Silva (DCI e GEPEQ/PPGEP, UFSCar, SP, Brasil) – sergiol@power.ufscar.br

Resumo

Atualmente, técnicas da manufatura enxuta são conhecidas e implementadas para eliminar desperdício e melhorar o fluxo de materiais, ao longo de um processo de produção. Estes mesmos princípios enxutos são agora estudados e aplicados no processo de desenvolvimento de produto (PDP), alinhados à necessidade das empresas de desenvolverem e lançarem novos produtos com custo competitivo e no menor tempo possível. Portanto, o objetivo deste artigo é apresentar um método para a produção, que enfatize: a importância da participação da manufatura, desde o início do projeto, para compartilhar sua experiência, necessidades e restrições; a visão de entrega de todo o fluxo operacional, como resultado do PDP e a criação de valor, segundo a percepção do cliente e demais interessados no projeto. Para validar a proposta, ela foi aplicada de forma comparativa em um projeto anteriormente realizado na empresa estudada. Como resultado, concluiu-se pela: viabilidade e aplicabilidade do método; capacidade em contribuir para redução de desperdícios, de retrabalhos e do tempo de projeto.

Palavras-chave: Desenvolvimento Enxuto; Preparação da produção; Desenvolvimento de produto.

Abstract

Lean manufacturing tools are well known and implemented to eliminate waste and improve material flow throughout a production process. These lean principles are now studied and applied to the product development process (PDP), aligned to the company's needs to develop and launch new products at a lower cost and increased speed. Therefore, the objective of the present paper is to present a production preparation procedure that emphasizes: the significance of the manufacturing team's participation from project inception by sharing its experience, requirements and constraints; the vision of operational value stream delivery as a result of PDP and value creation related to customer and other stakeholder perception. To validate this proposal, a comparative application took place using a previous project from the company that was studied. It was concluded that the proposed procedure is: feasible, updated and applicable; capable of contributing to waste, rework and project time reduction.

Keywords: Lean development; Production preparation; Product development.

1. INTRODUÇÃO

A velocidade com que os produtos são desenvolvidos e colocados no mercado, é hoje um grande diferencial para as empresas, em um ambiente cada vez mais competitivo, devido, principalmente, à alta taxa de mudança tecnológica, aplicações específicas e ao maior nível de exigência dos clientes, quanto à qualidade e atendimento a requisitos.

Pelo fato de nem sempre haver o envolvimento de todos os interessados, desde o início do projeto, muitas ações virão a ser necessárias durante a vida do produto, para torná-lo viável, em termos de produção, atendimento aos objetivos de qualidade, custos e entrega. As ações realizadas com o produto, já desenvolvido, sempre alcançarão preços mais elevados do que aqueles que teriam, se tivessem sido feitas durante o projeto. Mesmo que tivesse havido maior participação dos interessados na produção ou dos afetados pelo desenvolvimento do novo produto, imprevisíveis fatores podem comprometer o sucesso final do projeto, como novos entrantes e alterações nos requisitos solicitados pelos clientes, tornando necessária a redução de custos para manutenção da competitividade.

O objetivo principal deste artigo é apresentar um método para participação da produção, utilizando conceitos do desenvolvimento enxuto, para que a Manufatura – com a implantação de um fluxo de produção sem desperdícios – possa contribuir mais efetivamente na introdução, seja de novo produto seja de produto modificado, evitando a ocorrência de retrabalhos e agilizando a obtenção dos objetivos de custo e qualidade. A elaboração de um método para participação da produção, é justificada pela dificuldade que a equipe de produção enfrenta, para introduzir um novo produto com fluxo já otimizado. Esta dificuldade é causada pelo fato de, muitas vezes, a Manufatura entrar tardiamente no projeto de desenvolvimento do novo produto; o método vem contribuir para a revisão de aspectos importantes e necessários para a Manufatura, com base nos princípios enxutos, principalmente de criação de valor e de fluxo operacional.

Neste artigo, inicialmente, será feita uma breve revisão bibliográfica sobre o desenvolvimento enxuto de produto (seção 2) para, a seguir, apresentar o método proposto (seção 3) e sua aplicação (seção 4), onde é também, comentado sobre a metodologia de pesquisa utilizada. Na seção 5, são feitas as considerações finais.

2. MANUFATURA E DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO

A utilização das técnicas do Sistema Toyota de Produção (STP), está difundida entre as empresas brasileiras, com vários trabalhos publicados sobre o assunto. Traduzir os princípios da manufatura enxuta, para o desenvolvimento de produto, passou a ser outro desafio. Na manufatura, o processo está focado na produção de partes, produtos, serviços, objetos mais tangíveis. No Desenvolvimento de Produto, o trabalho é mais com dados e informações (FIORE, 2005) e há mais incertezas, pois, muitas vezes, se começa um processo, sem saber ao certo, qual a saída desejada (MCMANUS, HAGGERTY & MURMAN, 2005).

O Desenvolvimento Enxuto de Produto (DEP) vai além dos princípios da manufatura enxuta e dos métodos da engenharia simultânea, segundo Ward (2007), que enfatizou que o desenvolvimento existe para criar fluxo operacional, no qual a produção é o cliente principal. Afirmou também, que o desenvolvimento somente terá valor, se permitir que a fábrica libere os melhores produtos para o cliente externo.

Segundo McManus, Haggerty & Murman (2005), aplicar o *lean* no PDP tem três objetivos:

- Criar os produtos certos: criar famílias de produtos que aumentem o valor para toda a empresa e interessados;
- Ter efetivo ciclo de vida e integração da empresa: criar valor para todo o ciclo de vida do produto e da empresa;
- Usar eficientes processos de engenharia: aplicar o pensamento enxuto, para eliminar desperdícios e melhorar o tempo de ciclo e qualidade na engenharia.

Para Mascitelli (2004), o Desenvolvimento Enxuto tem como objetivo principal, alcançar uma integração entre as atividades de desenvolvimento de produto e de processo de fabricação, ou seja, um tipo de co-desenvolvimento. Este autor ressaltou a importância da definição do valor para o cliente e a eliminação ou prevenção de desperdícios. Ele salientou, também, a necessidade de que o novo produto use, preferencialmente, materiais do inventário atual da fábrica, a mesma base de fornecedores, poucos componentes e/ou montagens, fluxo de processo semelhante aos existentes e que permita pequenos lotes, tolerâncias, conforme as capacidades atuais de processo e que seja fácil de ser testado.

No desenvolvimento de produtos, também há desperdícios, categorizados por vários autores; porém, mais direcionados à informação e ao conhecimento. Segundo Ward (2007), o pior desperdício no desenvolvimento é a perda de conhecimento. Segundo este autor, o desenvolvimento cria um fluxo de valor operacional – sai do fornecedor, atravessa a fábrica e vai para o cliente.

De forma geral, a perda acontece quando não são envidados esforços para que o processo de desenvolvimento flua normalmente, gerando trabalhos excessivos e pontuais que não agregam valor. O desenvolvimento de produto acontecerá quando o time realizar apenas as atividades que adicionam valor, ou seja, aquelas que geram conhecimento e ajudam a definir o produto que atenda à necessidade do cliente (FIORE, 2005).

Morgan (2002) enfatizou que o DP deve entregar um projeto que atenda não somente às necessidades dos clientes, mas que possa ser manufaturado de forma eficiente. Disse, ainda, que a agilidade de colocação do produto no mercado deve ser alcançada, maximizando a efetividade, tanto do DP quanto da manufatura.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006) durante o PDP, deve ser incorporada a “voz da fábrica”, para assegurar a manufaturabilidade do produto desenvolvido. Afirmaram, também que para maximizar a qualidade das primeiras decisões e minimizar as mudanças de engenharia, nas fases subsequentes, é necessário levar em conta as informações relativas às atividades dos sistemas de manufatura.

3. MÉTODO DE PARTICIPAÇÃO DA PRODUÇÃO UTILIZANDO O DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO

Trabalhos realizados – como exemplo, podem ser citados Machado (2006), Pessoa (2006) e Corrêa (2007) – com propostas de melhoria do PDP, com a introdução da visão enxuta e as abordagens do STP focam, principalmente, a necessidade de criar valor; mas também, enfatizam a necessidade de criação de fluxo operacional e de adoção da Engenharia Simultânea, baseada em conjuntos (SBCE – *Set-based concurrent engineering*) durante o desenvolvimento. A participação da manufatura no PDP é considerada importante; porém, nem sempre é apresentada a forma como isso acontece, como também, não há referência do método para preparar a introdução de um novo produto. A existência desta lacuna serviu como motivação para a elaboração de um método específico para a participação da produção, com o propósito de contribuir para que ela ocorra de forma coordenada e alinhada, com a mentalidade enxuta (CAMPOS, 2009). Este método para participação da produção é apresentado na figura 1 e será discutido em seguida.

Considerando que o projeto está alinhado com a estratégia da empresa, este deve ser o primeiro passo a ser dado pelo time da Manufatura: entender o objetivo do projeto, o que realmente é valor para o produto e o que deve ser controlado para atingir a expectativa dos interessados. Por este motivo, esta abordagem foi considerada como inicial (A) para o método proposto.

Procedimento de preparação da produção	A – Entender o valor do produto e as métricas do projeto
	1 - Detalhar o valor para o produto 2 - Entender as métricas do projeto
	B – Analisar fluxo operacional e alternativas de processo e produto
	1 - Analisar fluxo operacional 2 - Avaliar as alternativas de processo (3P) 3 - Realizar produção piloto para ajustes de processo e validação do produto
	C – Avaliar o fluxo de processo
	1 - Mapear o fluxo 2 - Verificar manufaturabilidade e eliminar desperdícios
	D – Homologar e certificar o produto/processo
	1 - Verificar a capacidade do processo 2 - Validar o produto

Figura 1 – Método para Participação da Produção.

Fonte: CAMPOS (2009)

Segundo Womack & Jones (2004), o valor só pode ser definido pelo cliente final. Contudo, Pessoa (2006) afirmou que não basta apenas analisar valor para o cliente, visto que outros interessados (acionistas, órgão reguladores, fornecedores, etc.) podem influenciar decisivamente no sucesso do projeto, motivo pelo qual ele sugeriu dar um peso para os interessados, dependendo de sua capacidade de parar ou não o projeto. De acordo com sua proposta, para esta avaliação, considerar 9 (para um alto envolvimento ou interesse no produto), 3 (médio), 1 (baixo) e 0 (nenhum). Machado (2006) reporta que a correta identificação dos interessados, também propiciará o correto balanceamento de suas necessidades, traduzidas em um “pacote de valor”, que atenderá às expectativas de todos.

Conhecido o valor para o produto, as métricas para o projeto são as características que permitem traduzir este valor de forma mensurável e direcionar as ações da equipe. O acompanhamento e medição dessas métricas irão garantir um produto dentro das expectativas verificadas junto ao cliente ou mercado.

O conhecimento do fluxo operacional e das alternativas de processo, assim como a produção de um lote-piloto em equipamento de linha, para obtenção de um protótipo, foi considerado como segunda etapa (B) do método proposto, porque estas ações fazem parte do entendimento do produto e processo, que permitirão mapear seu fluxo e planejar a introdução deste novo produto.

Muitas vezes, o foco do projeto está na definição do produto e não no desenvolvimento do fluxo operacional, que é o resultado esperado de um PDP, na visão enxuta, conforme descrito por Ward (2007). É necessário identificar o fluxo de valor na tarefa de transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente (WOMACK & JONES, 2004). A figura 2 ilustra esta visão enxuta, que é mais abrangente, contrastando com a visão tradicional, na qual a preocupação maior é desenvolver um produto para atender à determinada especificação. Isto pode causar a perda de oportunidades de uma maior abordagem do processo de produção e das alternativas para o produto.

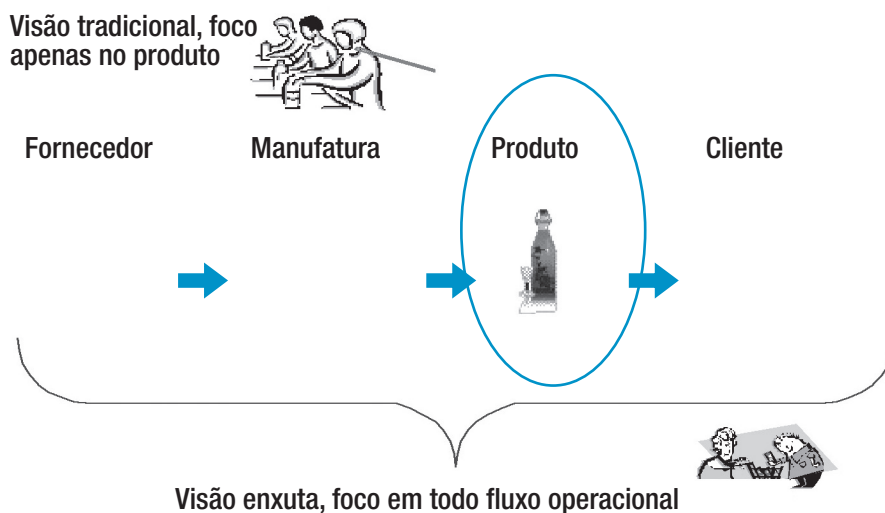


Figura 2 – Visão no fluxo operacional.

Fonte: WARD (2007)

Com o foco dirigido a toda a cadeia, a equipe pode questionar se o projeto será conduzido com apenas uma solução, já definida (protótipo) ou se haverá oportunidade de avaliar outras alternativas. Conforme proposta do SBCE (*set-based concurrent engineering* – engenharia simultânea baseada em conjuntos), deve-se trabalhar com um conjunto de alternativas, descartar as mais fracas, conforme o andamento do projeto, para poder escolher a melhor. Esta ação deve ser feita preferencialmente antes da chegada de um conceito definitivo, para ser introduzido na produção, pois como afirmaram Morgan & Liker (2006), a maior oportunidade para explorar alternativas, está no começo do PDP, quando ainda é permitido estudar situações potenciais em projeto, engenharia e manufatura.

O processo de produção deve ser desenvolvido paralelamente ao desenvolvimento do produto, seguindo a proposta do SBCE, ou seja, com troca constante de informações e avaliação de opções possíveis para a manufatura do produto – para atingir o final do projeto com produto e processo desenvolvidos. As especificações devem ser definidas, de acordo com aquilo que a manufatura pode produzir, considerando suas tolerâncias, restrições, etc.

Torres Jr. (2007) apresentou algumas fases para desenvolver o processo produtivo, alinhado aos princípios enxutos, conhecido como 3P (Processo de preparação da produção), no qual é necessária a participação de um grupo multiprofissional das áreas afins, para que os diferentes enfoques sobre produto/processo/custos/equipamentos sejam integrados:

- O grupo desenha, no mínimo, 7 alternativas de processamento, que venham a facilitar os elementos básicos do sistema: Fluxo contínuo, Produção puxada e Autonomia.
- Os processos são avaliados (notas de 1 a 5, em que 5 é excelente ou atende plenamente ao conceito *lean*) utilizando uma tabela com 14 quesitos, dentro da visão de sistema enxuto. As três melhores alternativas passam para a etapa seguinte.
- É realizada uma simulação, preferencialmente em uma escala real, é escolhido aquele que está mais próximo do atendimento pleno dos quesitos do sistema e que tenha tido desempenho superior.

Para Torres Jr. (2007), a definição de quaisquer equipamentos é uma consequência do conceito desenvolvido e escolhido na simulação, pois, antes da máquina, é preciso haver preocupação com: posição do produto, movimentos relativos entre produto e ferramentas, formas de carga e descarga, agentes físicos empregados, superfícies e características geradas.

Uma vez definido o processo, é o momento de fazer o produto em equipamento de produção, preferencialmente no local em que ele será de fato produzido (ROZENFELD *et al.*, 2006). Esta produção permitirá avaliar o desempenho das alternativas de produto em situação real, assim como permitirá a coleta de dados, tanto para análise das características do produto quanto do comportamento no processo produtivo. Ou seja, poderão ser coletadas informações quanto à produtividade, perdas e outros índices definidos pela equipe.

Uma vez de posse do conhecimento de uma produção real, o time pode ser reunido para mapeamento do fluxo de valor para o produto; avaliação da sua manufaturabilidade; verificação dos desperdícios existentes e direcionamento das ações para eliminação desses desperdícios e melhoria do fluxo. Esta foi considerada a terceira etapa (C) do método proposto, para que, ao iniciar a produção de um novo produto, este já esteja integrado à visão enxuta da manufatura, eliminando previamente alguns desperdícios, que poderiam comprometer a entrega do resultado desejado para o projeto.

A construção do mapa de fluxo atual segue o modelo tradicional adotado para a Manufatura enxuta, tendo como referência principal, o livro de Rother & Shook (1999) – “Aprendendo a Enxergar”. Mas, conforme proposta apresentada por Campos & Silva (2007), a inclusão da participação das parcelas de custos auxiliam a equipe a ter uma visão mais detalhada das fases de processo e materiais, que causam maior impacto no custo final do produto e que representam as maiores oportunidades de ação.

Mascitelli (2004) considera que a reunião do time (evento *kaizen*) para avaliação das oportunidades, a fim de assegurar a manufaturabilidade do novo produto, é uma excelente ferramenta para melhorar a comunicação e quebrar as barreiras entre os projetistas de produto e do processo. Esta revisão, conforme proposto por Mascitelli (2004), pode responder às seguintes questões:

- Quais os processos críticos requeridos para o novo produto?
- Quais especificações/tolerâncias são difíceis de serem atendidas?
- Qual a necessidade para novos equipamentos, *layout*, controles?
- Qual o *takt time*?

Esta revisão pode evitar atrasos no atendimento do projeto e prevenir problemas que poderiam ser vistos, apenas quando do início da produção. Com estas informações e conhecido o mapa de fluxo de valor, o time deve avaliar as possibilidades para melhorar o fluxo do produto e eliminar desperdícios. E em seguida, com todas as ações planejadas, pode ser construído o mapa futuro, que visa dar um direcionamento para onde a equipe quer chegar.

Para assegurar a capacidade do processo e realizar o treinamento para desenvolvimento do pessoal de produção nele envolvido, deve ser iniciado o *scale up* (ou *ramp up*) de produção. Nesta etapa, considerada a última do método proposto (D), a validação do produto é feita com os interessados no projeto; o qual é concluído com a liberação do produto para lançamento, com a necessária documentação, registro e divulgação do conhecimento adquirido. Com o produto lançado, tem início o trabalho de melhoria contínua.

O time deve ser frequentemente informado das mudanças que acontecem no cenário externo ou nos requisitos dos clientes, para que possa fazer os ajustes necessários para manter a atualidade do projeto. Mudanças não devido a vontades pessoais, mas justificadas por levantamento de dados, resultados de testes, dificuldades observadas e constatação de fatos, que justifiquem a mudança de um rumo acertado pelo time.

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO

4.1. Metodologia de pesquisa

Para aplicar o método de participação da produção, proposto neste artigo, foi usado um único estudo de caso, retrospectivo, ou seja, pautado em um desenvolvimento terminado. Portanto, inicialmente será descrito o projeto original, como ocorrido, para em seguida, ser feita a aplicação do método de forma teórica, com o objetivo de mostrar sua exequibilidade.

4.2. Projeto original da “Fita Verde”

O local do estudo para aplicação do método proposto é uma empresa química multinacional, que atua em vários segmentos do mercado e está dividida em 6 grupos de negócios. Este trabalho está restrito a uma divisão de negócio, na qual um dos autores tem maior interação.

Em 2005, foi iniciado o desenvolvimento de um produto, chamado, aqui, de “fita verde”, para o mercado automobilístico. Fita é constituída basicamente de um filme que pode ser de papel, polietileno, polipropileno, PVC, tecido, entre muitas outras opções, sobre o qual, é aplicada uma camada de adesivo. A oportunidade surgiu com a solicitação de uma empresa do setor automobilístico, para desenvolver um produto que fosse competitivo, em termos de custo e tivesse um apelo ambiental. O responsável pelo desenvolvimento, após avaliar materiais oriundos de várias fontes naturais, optou por um material proveniente da reciclagem de um material plástico.

O produto final tinha como requisito, atender às especificações do já existente produto concorrente, além de apresentar os diferenciais já comentados, como custo e apelo ambiental. O resultado obtido do protótipo desenvolvido em laboratório, apresentou características próximas às do concorrente, algumas delas superiores, outras não.

Foi solicitada a produção de um protótipo em equipamento de produção. O produto obtido em experiência de produção foi testado no campo, pelo cliente, que o aprovou, apesar de alguma reclamação quanto ao manuseio. Assim, a equipe liberou o produto para produção inicial e atendimento dos primeiros pedidos.

Nessa produção inicial, realizada em um equipamento diferente daquele usado na obtenção do protótipo, foi constatada a necessidade de modificações no produto. Produções foram realizadas para corrigir o problema, mas todas estas complementações ao projeto inicial, além de não produzirem bons resultados, no tocante às características de adesão e desenrolamento, implicaram em maior tempo de ciclo e aumento de custo. Estes fatos permitiram que um concorrente apresentasse outra solução mais competitiva, focada, principalmente, na parcela de custo, o que praticamente eliminou a oportunidade, até então existente para o projeto.

4.3. O desenvolvimento da “Fita Verde” com a utilização do método proposto

O projeto fita verde foi reexaminado, a fim de se verificar a viabilidade e a aceitação desse método, como ferramenta útil dentro do processo de desenvolvimento de produto, principalmente na parte de participação da produção.

A primeira ação foi a definição da equipe de trabalho, assim composta para a fase de avaliação do produto, pelo engenheiro de processos e produto e pelo especialista da área de desenvolvimento de produto, que estiverem envolvidos no projeto original.

4.3.1. Entender o valor do produto e as métricas do projeto

Inicialmente, é preciso saber qual ou quais são os principais interessados no projeto. Neste projeto, os interessados são, principalmente:

- Cliente, que solicitou o desenvolvimento e é informado de seu andamento;
- Área de Negócio, que tem interesse em aumentar a venda em novos produtos, para atingir os resultados prometidos à diretoria;
- Desenvolvimento/Engenharia, que tem como sua métrica a entrega de produtos desenvolvidos com resultados financeiros;
- Fornecedor, por ter uma nova alternativa para aumentar vendas;
- Manufatura, para aumento de suas operações, que também, contribuem para seus resultados.

Como o projeto partiu de uma oportunidade levantada pelo cliente, para ele foi considerado o maior peso (9), pois todo o foco estava no atendimento a uma aplicação realizada por ele. Outra área com peso alto (9) e com poder de decisão sobre o projeto, é a área de Negócio, pois a continuidade ou não está alinhada à estratégia da divisão e ao atendimento das condições de lucratividade. O time de Desenvolvimento/Engenharia pode parar se não obtiver o produto requerido, conferindo a ele um peso menor (3) nesta decisão, pois sua meta é o desenvolvimento de novos produtos. No caso da Manufatura, o peso é ainda menor (1), porque ela está limitada à sua capacidade de produzir, embora possa haver a alternativa de produção em outras empresas, considerações que valem também, para o Fornecedor.

Assim, foi considerado como de valor para o produto, os seguintes itens, definidos pelo cliente:

- atendimento às características definidas em três normas de montadoras;
- apelo ambiental;
- custo competitivo, com ganho em torno de 20%, em relação à solução atual,
- facilidade de aplicação.
- prazo de entrega.

Para a área de Negócio, o valor principal era a venda de um produto com a lucratividade atendida à margem mínima definida pela divisão.

Desta forma, o projeto deve ser direcionado em atender aos pontos considerados de valor para o cliente e para o Negócio e que irão compor as métricas do projeto.

No entanto, algumas informações são importantes, para direcionar o trabalho da equipe que não estão necessariamente contidas nesta solicitação do cliente. Elas são definidas pela área de Negócio, responsável pelo projeto e são: demanda prevista, custo objetivo, prazo objetivo e informações sobre serviço (frequência de entrega e outras solicitações).

Foram definidas algumas características dimensionais e, além delas, o produto precisa atender a outras 11 características. Nenhuma dessas características está diretamente relacionada ao manuseio do material, ou seja, à aplicação direta, por isso foram incluídos dois testes para reproduzir a forma de uso pelo cliente, para serem realizados durante o processo produtivo. Ou seja, no total, o produto tem que atender a 16 métricas. As métricas foram colocadas em uma tabela, com suas unidades e valores de objetivo, com a especificação de máximo ou mínimo, conforme a característica. Por serem informações confidenciais para a empresa, esta tabela não é apresentada, além do que, em grande parte, contém dados técnicos, não necessários para a presente discussão.

4.3.2. Analisar fluxo operacional e as alternativas de processo e produto

O próximo passo é analisar todo o fluxo operacional, para atender a estas métricas e viabilizar a produção do novo produto. No entanto, o time deve considerar mais que uma alternativa para a avaliação em produção para, no andamento do projeto, conforme proposto, poder descartar a(s) mais fraca(s).

Este projeto trata de um material com características especiais – como exigência quanto ao aspecto ambiental – motivo pelo qual, a opção recaiu em um fornecedor apenas, porque, à ocasião, somente ele era conhecido como possuidor de tecnologia para produzir e entregar o filme com as propriedades desejadas. Houve, porém, a decisão de serem avaliadas duas alternativas, uma primeira usual, na produção desse fornecedor e uma segunda, com algumas características específicas, solicitadas pelo especialista da área de desenvolvimento.

Também, quanto ao adesivo fornecido internamente, para ser possível fazer uma avaliação, foram escolhidas duas opções de linha da empresa. No caso do tratamento antiaderente, a opção recaiu na avaliação de apenas uma alternativa, por ser tratar de material conhecido e de uso comum em várias outras fitas semelhantes, produzidas pela empresa, mas foi considerado o seu uso ou não. No total, foram planejadas 8 experiências para avaliação.

Planejadas as alternativas de materiais, foi possível, então, avaliar as alternativas de processo, para compor todo o fluxo operacional, de acordo com a proposta do 3P. Realizada a avaliação das alternativas, a escolhida foi uma opção mais disponível na empresa e que tem menor tempo de preparação, o que justifica sua realização diretamente no equipamento de produção, como um lote-piloto.

Após a realização do lote-piloto, foram coletadas as amostras para execução dos testes e também, foram obtidos os seguintes resultados, mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Avaliação do lote piloto.

	FILME	ADESIVO	ANTIADERENTE	AVALIAÇÃO	APROVADO
1	1	1	não	Fita bloqueia. Não permite desenrolamento.	não
2	1	1	sim	Fita falha em um dos testes especificados.	não
3	1	2	não	Fita bloqueia. Não permite desenrolamento	não
4	1	2	sim	Fita não apresenta problema de bloqueio, mas falha em um dos testes especificados.	não
5	2	1	não	Dificuldade de desenrolamento. Necessita um controle muito rígido em uma fase de processo.	não
6	2	1	sim	Fita passa nos testes especificados, sendo que em um deles, o resultado está próximo ao mínimo especificado.	avaliar
7	2	2	não	Dificuldade de desenrolamento. Necessita um controle muito rígido em uma fase de processo.	avaliar
8	2	2	sim	Fita passa nos testes especificados.	sim

Fonte: CAMPOS (2009).

Para melhor definir a escolha para atendimento às métricas definidas, após um dos testes incluídos para simulação do transporte e uso, a alternativa 7, também foi reprovada, devido ao aumento da força de desenrolamento, o que certamente provocaria reclamação do cliente. A amostra 6 revelou que dificilmente atenderia de forma consistente a um dos testes especificados, por isso foi reprovada. Por sua vez, a amostra 8, mesmo após este período, manteve suas principais características, mas evidenciou que a característica de desenrolamento devia ser controlada, assim como os parâmetros de processo que a afetam. Por isso, esta foi a alternativa que seguiu para validação, neste caso, pelo cliente, uma vez que este desenvolvimento estava sendo realizado em parceria e com o objetivo de atender a um projeto do cliente ainda em andamento.

Nesta fase, portanto, foram descartadas as opções que não atendiam plenamente às métricas do projeto, considerando as características técnicas e de processamento.

4.3.3. Avaliar o fluxo de processo

Com o processo e produto escolhidos, o próximo passo foi avaliar o fluxo de processo e buscar prever – antes de o produto ser colocado em ritmo de produção – os possíveis pontos causadores de desperdício, que aumentariam o custo do produto; também, era preciso propor as mudanças necessárias para que, ao entrar na linha de produção, o produto tivesse fluxo contínuo.

A primeira ação foi montar o mapa atual, baseado no conhecimento do time, considerando o processo escolhido. É importante prever os pontos de desperdício, como por exemplo, as fases que tem estoque ou necessidade de muita preparação e movimentação. Desta forma, é possível custear e verificar as oportunidades de redução e/ou eliminação dos desperdícios e, conseqüentemente, contribuir na redução do custo do produto.

Também, foram avaliadas as atividades de processo, em uma visão geral da movimentação do produto no fluxo de processo proposto, assim como a manufaturabilidade do produto, verificando alguns pontos importantes para o fluxo do material em produção normal.

Conforme proposta do método, algumas questões podem ser respondidas pelo time, como a seguir:

1. Quais os processos críticos requeridos para o novo produto?

O processo mais crítico é o da aplicação do adesivo sobre o material, mas a aplicação do antiaderente, em uma fase diferente, também irá requerer atenção.

2. Quais são as especificações/tolerâncias difíceis de serem atendidas?

As principais características são dadas pelo material adquirido do fornecedor, portanto, deve ser implantado um controle de recebimento ou deve ser realizado um trabalho junto ao fornecedor, para que a entrega seja feita com laudo de conformidade.

Quanto às características dadas pelo adesivo, o controle é normal de linha de produção, assim como o teste de desenrolamento mecânico.

3. Qual a necessidade para novos equipamentos, *layout*, controles?

Não há necessidade de novos equipamentos, modificação de *layout* ou controles adicionais.

4. Qual o *takt time*?

O *takt time* foi calculado e para a demanda prevista não há gargalo de produção.

O time de projeto visualizou algumas alternativas de melhorias, com reduções de fase de processo, de estoque intermediário e movimentações. Após isso, foi montado o mapa futuro que contém ações que serão executadas com a definição da prioridade da unidade e da estratégia da divisão para o produto.

4.3.4. Homologar e certificar o produto/processo

Uma vez definidos o produto e o processo produtivo, é chegada a hora de homologar o produto, confirmando sua manufaturabilidade. Com o produto produzido em condições reais de produção, é possível realizar os testes para comparação com o projetado, certificar a capacidade produtiva e dar atendimento aos requisitos estabelecidos pelo projeto.

Por se tratar de produto novo, mas com processo conhecido e sem haver ainda previsão de alta demanda, a opção foi pela realização de duas produções, com quantidade de 20 a 30% da demanda estimada. Outro motivo que pesou para esta opção, foi o econômico – evitar a alocação de muitos recursos financeiros em um produto ainda novo e focado em apenas um cliente. Com estas produções, foram obtidas as condições do equipamento para a realização completa do processo.

Assim, com os dados mais reais, foi possível:

- revisar o estudo de custo;
- avaliar a repetibilidade do processo;
- avaliar a capacidade do atendimento às características definidas pelo projeto.

Por serem processos conhecidos da empresa, não apresentaram problemas quanto às suas condições de operação, capacidade (considerando a demanda prevista) e repetibilidade. Os resultados obtidos permitiram conhecer condições de controle de processo importantes, que evitarão a ocorrência de problemas, após a liberação para lançamento do produto, problemas esses que causam retrabalhos e, por vezes, a perda do negócio.

Outro resultado importante foi a obtenção de amostras do produto em condições reais de produção.

Com o produto, agora, produzido em equipamentos normais de produção, devem ser feitos os testes requisitados pelo projeto/cliente/mercado. Muitos destes testes não são de linha de produção e são feitos em laboratórios específicos, internos ou externos. Eles são necessários para assegurar o atendimento do produto a todos os requisitos específicos definidos no início do projeto, como por exemplo, o atendimento às normas das montadoras.

Com estas informações, o produto foi liberado para produção, lançamento e venda. Todos os dados obtidos durante este processo devem ser armazenados como histórico e para futura consulta, quando do acontecimento de novos projetos, evitando o desperdício do conhecimento.

4.3.5. Comentários sobre os resultados obtidos

Comparando o desenvolvimento real e o revisto, levando-se em conta as fases propostas pelo método, as diferenças observadas são mostradas na tabela 2.

Tabela 2 – Comparação entre o projeto real e o projeto revisto.

		Real	Revisto
A1	Detalhar o valor para o produto	Foi considerado o valor para o cliente, solicitante do produto	Foi considerado o valor para o cliente (solicitante do produto) e área de negócio
A2	Entender as métricas do projeto	Considerados os requisitos definidos pelo cliente, demanda e custo objetivo	Além destes considerados no real, foram apontados o prazo e os requisitos da aplicação
B1	Analisar fluxo operacional	Foco no produto. Apenas uma alternativa por vez	Foco no fluxo operacional. Múltiplas alternativas
B2	Avaliar as alternativas de processo (3P)	Processo existente e disponível	Avaliação das alternativas, mas consideradas alternativas existentes e disponíveis
B3	Realizar produção-piloto para ajustes de processo e validação do produto	Piloto com apenas uma alternativa por vez	Piloto com múltiplas alternativas. Descartadas as que não atenderam os requisitos
C1	Mapear o fluxo	Realizado após conclusão do PDP. Para viabilizar continuidade do produto	Realizado durante o PDP
C2	Verificar manufacturabilidade e eliminar desperdícios	Realizado após conclusão do PDP, na tentativa de viabilizar continuidade do produto	Realizado durante o PDP. Verificadas as oportunidades e tomadas as ações
D1	Verificar a capacidade do processo	Ajustes realizados à medida do surgimento dos problemas	Realizado duas produções de qualificação. Definidas condições de processamento
D2	Validar o produto	Testes e validações realizados	Testes e validações realizados

Fonte: CAMPOS (2009).

Desta abordagem diferente para o projeto de desenvolvimento da fita verde, os benefícios principais encontrados são:

- redução do tempo: contra um tempo do projeto original de mais de um ano para a fase avaliada, o tempo estimado nesta nova abordagem é de 6 meses;
- redução de perdas e gastos com materiais e tempo de experiência: com a abordagem de múltiplas alternativas, o gasto com experiências é menor, pois várias delas podem ser realizadas ao mesmo tempo, aproveitando a preparação da máquina, utilizando uma quantidade menor de material;
- introdução de um novo produto com um processo mais ajustado à mentalidade enxuta da produção, com redução (ou plano de ação elaborado para isto) de estoque, de movimentação e outros desperdícios.

Por se tratar de uma análise de aplicação do método proposto – e considerados os resultados obtidos e discutidos nesta seção – a fita obteve aprovação em todas as métricas definidas no início do projeto e em seu atendimento à necessidade de aplicação. O custo será atingido se a demanda prevista for real.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do método proposto mostrou que ele está em conformidade com a abordagem dos temas principais do desenvolvimento enxuto e demonstrou, também, ser capaz de agir para redução dos desperdícios de tempo e material, durante a introdução de um novo produto na Produção – considerando o exemplo de aplicação proposto.

A aplicação do método apresentada, evidenciou várias oportunidades para uma diferente visão do projeto, que o levaria a uma redução ou quase eliminação do retrabalho e ações de correção, que aconteceram no projeto original. O seguimento do método para este projeto traria uma redução do tempo total gasto e permitiria a entrega do produto antes da ação da concorrência, o que permitiria a continuação da fita verde no mercado. Os pontos principais que reforçam esses resultados são:

- entendimento do que realmente é valor para o cliente e demais interessados;
- visão de todo fluxo de valor;
- mapeamento do fluxo operacional para eliminação de desperdícios.

O método enfatiza os principais princípios da visão enxuta e ao abordá-los, no projeto, permite que a Manufatura participe e implante essa visão, que, muitas vezes, já faz parte do seu cotidiano e que a compartilhe com as demais áreas da empresa.

A sugestão, portanto, é a utilização do método proposto de forma completa como um complemento à metodologia para o PDP existente na empresa. Caso não seja possível, mesmo a aplicação parcial de tópicos do método proposto, pode contribuir para os resultados dos projetos, destacando as seguintes abordagens: utilização de várias alternativas durante o desenvolvimento, com descarte daquelas que apresentam resultados inferiores ou não asseguram o atendimento às métricas definidas; mapeamento de fluxo e a busca da eliminação de desperdícios, principalmente com a simplificação do processo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, T. R. **Proposta de um método de participação da produção utilizando o desenvolvimento enxuto de produto**. 2008. 139p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

CAMPOS, T. R.; SILVA, S. L. Mapeamento do fluxo do produto para projetos de redução de custos. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Outubro 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2007.

CORRÊA, F. C. **Propostas de melhoria para o PDP de uma empresa de máquinas agrícolas com base no modelo de PDP da Toyota**. 2007. 201p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

FIORE, C. **Accelerated product development: combining lean and six sigma for peak performance**. New York: Productivity Press, 2005.

MACHADO, M. C. **Princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos: proposta de uma metodologia para implementação**. São Paulo, 2006. 247p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

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

McMANUS, H.; HAGGERTY, A.; MURMAN, E. **Lean engineering: doing the right thing right**. In: 1st. International Conference on Innovation and Integration in Aerospace Science, Agosto 2005, Belfast. **Proceedings...** Belfast, CEIAT, 2005.

MORGAN, J. **Applying Lean Principles to Product Development**. ASTM International's Business Link. Spring 2002. Disponível em: <<http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/BIZLINK/BusLinkA02/morgan.html?L+mystore+xkwz4376>>. Acesso em: 28/março/2008.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **The Toyota product development system: integrating people, process, and technology**. New York: Productivity Press, 2006.

PESSOA, M. V. P. **Proposta de um método para planejamento de desenvolvimento enxuto de produtos de engenharia**. 2006. 268p. Tese (Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2006.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. New York: *Lean Institute Brasil*, 1999.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

TORRES JR., A.S. **Passaporte para a “universidade” do sistema Toyota de produção**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade_artigos> Acesso em: 11/11/2007.

WARD, A. C. **Lean product and process development**. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2007.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

