

Value Stream Mapping (VSM); Como Enxergar as Perdas nos Processos Produtivos para Eficácia da Melhoria Continua

Silva, Alexandro Gilberto 1 (Faculdades Kennedy) alexandroengenheirodeproducao@hotmail.com
Magnani, Eduardo Gonçalves 2 (Faculdades Kennedy) eduardogmagnani@yahoo.com.br
Pereira Silva, Geraldo Magela 3 (Faculdades Kennedy) magela.silva@ig.com.br

Resumo:

Este estudo procura mostrar com base no conceito do VSM (Value Stream Mapping), como um processo identifica e trata os “desperdícios” manufatureiros aplicando este também conhecido Mapa de Fluxo de Valor fazendo uma análise da diferença entre sistemas tradicionais de manufatura e sistemas de produção enxuta em células de manufatura e utilizando soluções de produção enxuta.

O projeto foi realizado em campo na empresa denominada Alfa, situada em Minas Gerais do seguimento de fundição, usinagem e pintura de peças de grande tonelagem em aço nodular e cimento. E os processos estudados foram usinagem e pintura de hubs eólicos.

O foco é a redução do lead time e eliminação de perdas, visto que o balanceamento de linha produtiva é denominado a essência básica da excelência operacional em toda cadeia de fluxo de informações, materiais e pessoas.

Inicialmente foram medidos os tempos de ciclo e movimentação dos funcionários e da peça fundida a ser processada ao longo do fluxo de valor, para uma demanda semanal de quatro peças. Os inventários ao longo do processo também foram medidos e identificados juntamente com o lead time pelo mapa do estado atual das células de usinagem e pintura.

Através da implementação do sistema enxuto de produção, foi proposto um novo mapa do estado futuro das células produtivas, onde foram instalados três supermercados para balanceamento de linha e a eliminação das inspeções dimensionais com alta capacidade ao longo do processo produtivo.

Palavras chave: Mapeamento, Fluxo, Valor, Lead time, Perdas.

Value Stream Mapping (VSM); How to see the Losses in Productive Processes for Effectiveness of Continuous Improvement

Abstract

This research aims to enlight, based on the VSM (Value Stream Mapping), how the process identifies and treats the “manufacturing losses” applying the Value Stream Mapping, doing the traditional manufacturing system versus lean manufacturing system analysis, on manufacturing cells, using lean methodology solutions.

The project has been applied in the field within a company called Alfa, in Minas Gerais, in the Foundry, Machining and Painting Business, for heavy ductile and grey iron castings. The studied processes were machining and painting of Hubs for wind turbines.

The focus is the reduction of lead time and elimination of manufacturing losses, as the balancing of the productive line is denominated as the basic essence of the operational excellence in all production chain of materials and personal.

Initially, metrics were taken based on cycle times, employees movements as well as the casted parts on the value chain, for a weekly demand of four parts. The inventory along the process has also been measured and identified along with the lead time of the machining and painting cells.

Throughout the implementation of the lean manufacturing system, it was proposed a new future state mapping of the production cells, where three supermarkets were installed for production line balancing and high capability dimensional inspections eliminations through the productive process.

Keywords: Value, stream, mapping, lead time, losses.

1. Introdução

O VSM, mais conhecidamente Mapa de Fluxo de Valor de acordo com o conceito de Produção Enxuta é eliminar o desperdício com o objetivo de criar valor Murman; Allen (2002), em termos de tempo, trabalho em processo e rejeitos. Em todas as áreas ao longo da cadeia que cria valor, independentemente se é sobre um conceito de logística para toda a produção ou a otimização de uma área de trabalho definida, porque o desperdício ocorre em todas as etapas do processo. Através de uma implementação consistente do sistema Lean em células de usinagem e pintura de eólicos, esse potencial pode ser identificado e desenvolvido para a melhoria da eficiência das operações de acabamento. Como citam Chiaverini; Vicente (1914), os processos de usinagem possibilitam o acabamento de superfícies de peças fundidas ou conformadas mecanicamente, de modo a obter-se melhor aspecto superficial e dimensões mais precisas. Obter fontes de eficácia sobre este processo é arraizar a cultura Lean. O resultado é a redução de custos e um simultâneo melhoramento da eficiência da produção, conjuntamente com aumento da qualidade. E como definem Womack; Jones (1996), o mapeamento de fluxo de valor é mais que uma técnica na gestão de empresas líderes. Ela traduz respeito aos clientes e acionistas que não aceitam pagar pelos custos dos desperdícios.

Atualmente o setor de energia eólica esta em uma crescente notória, trazer recursos de melhoria para produção destes equipamentos é o mesmo que buscar eficiência para ordem conjunta das necessidades de se produzir energia sustentável.

A empresa estudada neste artigo é do seguimento de fundição de aço nodular e cimento, sendo denominada empresa alfa, a aplicação de seus processos de fabricação é extremamente complexa por ser uma planta que cobre uma demanda de produtos desde a formação dos moldes até o acabamento final. Os hubs fundidos, conformados e acabados vão diretamente para serem montados nas torres dos parques eólicos. Apartir de estudos aplicados no chão de fabrica, esta pesquisa visa detectar fontes de melhoria no processamento de usinagem e pintura através do mapeamento de fluxo de valor.

2. Embasamento teórico

Rother; Shook (1999) definiram o Value Stream Mapping - VSM ou mapeamento do fluxo de valor como uma ferramenta gráfica, baseada num mapa, que permite visualizar o percurso de um produto ou serviço ao longo do fluxo de valor. Trabalhar a partir do fluxo de valor permite ter uma visão global dos processos e não estar apenas focado nos processos individuais. Este método é muito simples e eficaz, uma vez que ajuda a identificar o desperdício ao longo do processo e as suas causas (ROTHER; SHOOK, 1999).

No sistema Lean de produção, o fluxo de informação deve ser tratado com tanta importância quanto o fluxo de material. Emprega-se a palavra Lean a (magreza, ausência de gordura) porque esta filosofia concentra-se na eficiência, com o objetivo de produzir produtos e serviços com o menor custo e o mais rápido possível. E como afirma Antony (2010), o compromisso com o Lean Thinking deve começar ao nível da gestão de topo e deve desenvolver-se em cascata para todos os níveis da organização com o objetivo de melhorar o fluxo de materiais e informação e a eficiência dos processos.

A abordagem científica da filosofia Lean foi inicialmente divulgada nos trabalhos de Womack; Jones; Roos (1992) e Shingo (1981), sendo posteriormente transposta para o processo de desenvolvimento de produtos. Pesquisas de Sohal; Egglegstone (1994), Bauch (2004) e Machado (2006) que tiveram como foco a avaliação das potencialidades da aplicação da filosofia Lean na área de pesquisa e de desenvolvimento, verificação das dificuldades de implementação do *lean development*, proposição de desperdícios para o *lean development* e uma sistemática para a implementação da filosofia *lean*, seguindo a estrutura de projetos, respectivamente. As pesquisas citadas mencionam o uso do mapeamento do fluxo de valor como meio para identificação dos desperdícios do desenvolvimento de produtos.

Liker (2005) obteve a resposta de Fujio Cho, então presidente da Toyota Motor Company, que aprendeu o Modelo Toyota com um dos seus criadores, Taiichi Ohno para o notável sucesso da Toyota. “A chave para o modelo Toyota, e o que a faz sobressair, não é nenhum dos elementos individuais... Mas o importante é ter todos os elementos unidos como um sistema. Eles devem ser postos em prática em todos os dias de uma maneira muito sistemática e não isoladamente.”

Conforme Womack; Jones (1992) a produção enxuta é como um processo de cinco passos: criar valor na óptica do cliente; identificar a cadeia de valor; fazer o valor fluir para a cadeia; o cliente puxa a produção e gerenciamento rumo à perfeição. No trabalho diário de uma empresa, rotinas que consigam manter a organização e a ordem são essenciais para um fluxo regular e eficiente das atividades (BAYO; BELLO; CERIO, 2010). Então um gestor enxuto não se limita a utilizar apenas análises de demanda e capacidade produtiva para determinação de sequenciamento, ele procura sempre a incansável melhoria contínua através do sistema Lean Manufacturing porque é utilizado atualmente pelas grandes indústrias e é o sistema mais eficaz de toda a história do Japão, hoje é utilizado em todo o mundo.

2.1 Mapa de fluxo de valor

Com o decorrer dos anos as empresas veem trabalhando com fluxo de material em processos discretos de produção e implementação do sistema enxuto ao invés de processos isolados de melhoria, significando que as pessoas em todas as funções do negócio podem ter que mudar os seus hábitos. Onde quer que haja um produto para um cliente, há um fluxo de valor (SHINGO, 1981).

Segundo Emerim; Simões (2015), a análise inicia-se pela identificação da função de uso que representa o processo. Devendo ela, ser composta por um verbo (ação realizada) e um substantivo mensurável que sofrera a ação. As atividades desenvolvidas deverão estar atreladas à função principal e poderão ser classificadas como necessárias ou desnecessárias.

O mapa do fluxo de valor é uma poderosa ferramenta de comunicação e planejamento, além de servir para que as pessoas conheçam detalhadamente seus processos de fabricação. Aborda a forma simples do fluxo de materiais e informações desde fornecedor até o cliente final (FERREIRA; ROCHA; LOPES; SANTOS; SANTOS, 2015).

Essa metodologia estimula a participação, permitindo que pessoas tímidas não se omitam do grupo (EMERIM; SIMÕES, 2015).

Com ele, se estabelece uma linguagem comum entre os colaboradores, conforme figura 1 a seguir.

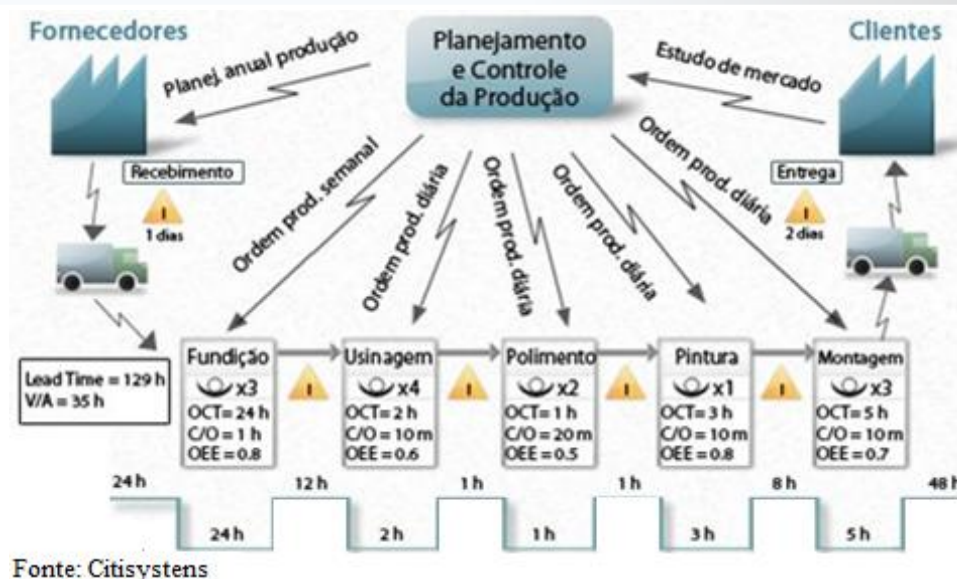


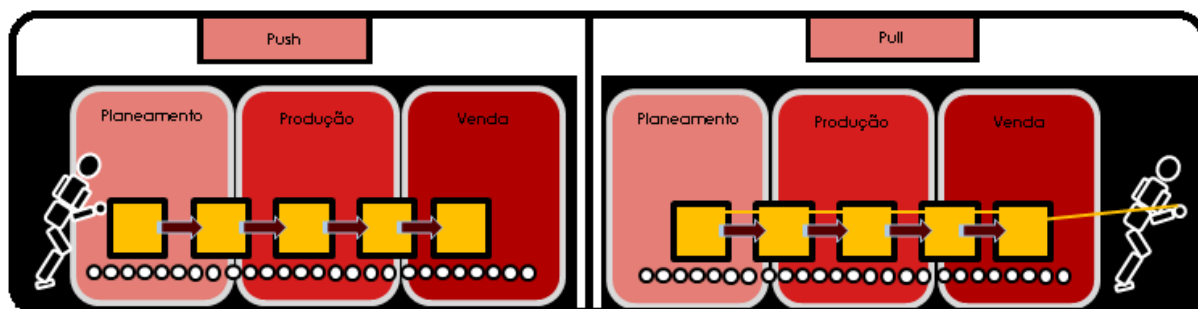
Figura 1- Exemplo de mapa de fluxo de valor

Assim fica explícito o processo produtivo de uma forma simples de interpretar por qualquer membro da equipe, mas para que este mapeamento ocorra é preciso que haja um trabalho ao qual se predomina sob uma investigação continuada no chão de fábrica, é a detecção destes números através das cronoanálises ou cronometragem de todas as operações nestas células. Porque conforme afirmam Rother; Shook (1999) o “Fluxo de Valor” deve ser um novo termo em seu vocabulário. Um fluxo de valor é toda ação, agregando valor ou não, necessária para fazer passar um produto por todos os fluxos essenciais de cada produto: 1º O fluxo de produção desde a matéria prima até os braços do consumidor e 2º o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

2.2 Sistema Pull

Pull é um processo de reabastecimento de material controlado pelo consumo. O sistema pull de reabastecimento procura eliminar a Super produção, alinha os processos com os requisitos do cliente reduzindo a super produção, uma das maiores perdas no fluxo de valor, porque cliente não é somente aquele externo, cliente é qualquer processo seguinte (ANTONY, 2010).

O pull regula a produção com o trabalho para reabastecer somente o que o cliente consome. Em contraste, uma estratégia push promove a super produção otimizada, fabricando de acordo com uma programação prevista ou maximizando a relação base-hora, mesmo se corrente abaixo as operações ou os clientes não necessitam dos produtos conforme figura 2 a seguir, pode se verificar a diferença da produção em ritmo de empurrada (push) para o sistema de produção puxada ou sistema pull.



Fonte: 4 Lean 2011

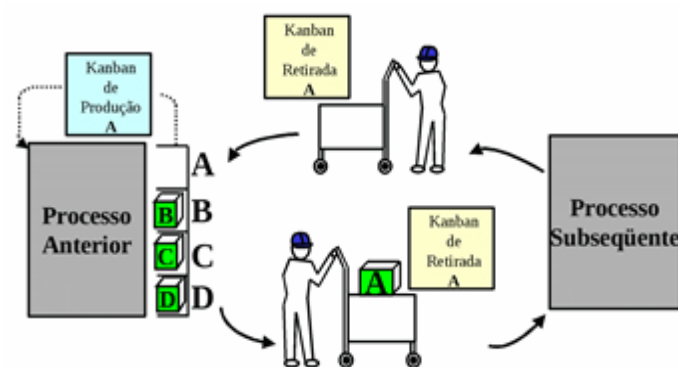
Figura 2- Demonstrativo de sistemas Push x Pull

Conforme Rother; Shook (1999) afirmam, o objetivo de colocar um sistema puxado entre dois processos, é ter uma maneira de dar a ordem exata de produção ao processo anterior, sem tentar prever a demanda posterior e programar o processo anterior. Puxar é um método para controlar a produção entre dois fluxos.

2.2.1 Kanban

O sistema Kanban assegura que toda a produção seja reabastecida com método de gestão de pessoal pelos estoques, procura revelar e reduzir pessoal e equipamentos em excesso, com isso promove a eliminação de estoque -ideia de emissão de cartão kanban (WOMACK; JONES, 1996)

E conforme mencionam Rother; Shook (1999), sua especial obtenção de otimização de carga de trabalho esta na racionalização da produção. Utilizara-se de semelhanças Just in time para a origem no sistema de prateleira do supermercado Kanban, ou seja, produção por demanda enxuta, que permite se dizer que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata. Ex: compra do carro – encomenda à montadora – produção (apenas peças necessárias). Colocando o fluxo da ordem de fabricação conforme figura 3 a seguir.



Fonte: Marketergizmo

Figura 3- Reabastecimento de supermercado kanban

2.3 As sete perdas do sistema Lean manufacturing

Segundo Sohal; Egglestone (1994), perda é qualquer atividade que consome recursos mas não cria nenhum valor para o produto e para o cliente. Elas têm grande impacto no mapa de fluxo de valor por se tratar de desperdícios, o que torna as operações ineficazes.

São estas:

- Falhas; Produção ou retrabalho ou retrabalho de produtos fora de especificação.

Isto é percebido quando se tem uma célula com colaboradores que não conseguem identificar as não conformidades do produto em processo, e aplica somente sua função (trabalho) neste, consequentemente quando descobrem o defeito, este, já se devia ser refugado ou ate mesmo retrabalhado no caso de um produto com alto valor agregado.

- Inventário; Excesso de produto em processo, matéria prima e bens acabados.

Esta perda é muitas vezes mal interpretada pelos agentes de mudança, motivo pelo qual, deve-se ter um treinamento eficiente para tal entendimento, visto que podem ter razões positivas dependendo do seguimento da empresa.

*Razões positivas de um inventário: Oportunidade de flexibilidade de atendimento ao cliente, cobrir possíveis falhas dos equipamentos, poder de barganha e economia nos transportes,

atender a demanda em determinada época, contribuir para redução do Lead time, cobrir imprevistos como greve de operários e desastres naturais.

*Razões negativas de um inventário: Valor agregado do estoque, dinheiro parado, espaço físico ocupado, filas no processo, retrabalho gerado pelo controle de estoque, custos de manutenção ou a própria perda do produto se tratando de perecíveis.

*Tipos de inventários: Estoques no canal (WIP), produto acabado ou semi-acabado, estoques para especulação, (manter o produto em estoque até que esteja em falta no mercado), estoques de natureza regular ou cíclica (usual) e estoques de segurança, além do usual.

- Super produção; Fornecimento excessivo, além dos requisitos do processo seguinte.

Esta perda se relaciona com o trabalho não balanceado, ou seja, uma célula não controlada começa a produzir quantidades além das quantidades ideais de produção, ou seja, além dos requisitos seguintes.

- Espera; Tempo perdido devido ao fraco fluxo de produto (faltas), estrangulamentos e ou máquinas paradas.

Esta perda é um dos desperdícios mais comuns nas pequenas, médias e grandes indústrias, o grande problema é que muitas empresas adotam a visualização desta, como natural, quando que para o sistema Lean, grande quantidade do tempo não agregado está relacionado diretamente com a espera.

- Excesso de movimento; Movimentos perdidos feitos durante o trabalho.

Os movimentos de operários têm grande influência no que toca o processamento das transformações de materiais. Com isto, não simplesmente se deve eliminar estes movimentos, mas sim, aperfeiçoar as operações de forma que estes movimentos se tornem os mínimos possíveis.

- Excesso de transporte; Excesso de movimento de trabalho em processo.

Tem grande influência no que toca o processamento dos transportes internos de materiais.

- Super processamento; Trabalho que não agrega valor para o cliente ou ao negócio.

Esta perda é conhecida como a mais difícil de ser enxergada, muitas vezes a própria cultura operacional permite que esta aconteça. Desta forma, o sistema Lean aplica o trabalho padrão.

De acordo com o Caterpillar production system, uma oitava perda é adotada como a principal.

- Criatividade e capacidade não utilizadas; Oportunidades perdidas devido a pouca segurança e a uma força de trabalho subutilizada.

Identificar esta perda é chamar esforços no que tange o treinamento dos operários, sendo assim, uma oportunidade excelente de melhorar o PQVC (produtividade, qualidade, velocidade e custo). Um operador necessita ter tempo de pensar as melhores formas de se fazer suas funções, do contrário trabalha como máquina.

2.4 Calculo takt time

De acordo com Womack; Jones (1996) o takt time é o tempo em que se deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo das vendas para atender a demanda dos clientes. É calculado dividindo-se o volume da demanda do cliente (em unidades) por turno, pelo tempo disponível de trabalho (em segundos) por turno.

Resumidamente, pode-se concluir que o takt time sincroniza o ritmo da produção para acompanhar a velocidade das vendas (ROTHER; SHOOK, 1999). É um número de referência

que dá uma noção do ritmo em que cada processo precisa estar produzindo e ajuda a enxergar como está o andamento manufatureiro e o que precisa se melhorar.

Para Rother; Shook (1999), produzir de acordo com o takt parece simples, mas requer um esforço concentrado para:

- 1º Fornecer resposta rápida (dentro do takt) para problemas.
- 2º Eliminar as causas de paradas de máquinas não planejadas.
- 3º Eliminar tempos de troca em processos posteriores, setups e processos de montagem.

O que se tenta realmente fazer na produção enxuta, é obter um processo para fabricar somente o que o próximo processo necessita e quando necessita. As tentativas estão concentradas em ligar todos os processos desde o consumidor final até a matéria prima em um fluxo regulador sem retornos que gera o menor lead time, mais alta qualidade e o menor custo WOMACK; JONES, 1996). O takt time é uma ferramenta que regula e dá ao fluxo de valor sua definição conforme figura 4.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{volume da demanda do cliente por turno}}$$

$$\text{Takt time} = \frac{27.000 \text{ seg.}}{455 \text{ peças}} \Rightarrow \text{Takt time} = 59 \text{ seg./peça}$$

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4- Calculo takt time

Em algumas industrias, tais como as de distribuição, produtos por encomenda e de processo contínuo, pode ser necessária alguma criatividade para definir as unidades de demanda dos clientes. Uma solução conforme afirmam Roth; Shook (1999), é definir uma unidade como sendo quanto trabalho pode ser feito no seu processo gargalo em um takt de, por exemplo 10 minutos. Então divide se seus pedidos neste intervalo takt.

2.5 Hub eólico

Um hub eólico é a peça que conecta as três “hélices” ou “pás” que giram por força do vento e movimentam geradores elétricos que produzem energia. Na linha de produção ele é apelidado de “nariz da turbina”. Conforme fotografias 1 e 2 a seguir:



Fonte: GE- Reports Brasil

Fotografia 1- Naris da turbina



Fonte: Eólica Acciona

Foto 2- Hub eólico

As peças produzidas pela empresa Alfa neste estudo, são exatamente semelhantes aos hubs apresentados pela foto 2. Ele é responsável por automatizar o movimento das pás eólicas para a melhor captação possível de energia, advinda do vento.

3. Objetivo

Apresentar de uma forma ampla e sistêmica, os princípios de gestão da produção enxuta em um setor de usinagem e pintura de hubs eólicos como base de sustentação para as técnicas e ferramentas para acelerar os processos, reduzir perdas e melhorar a qualidade.

4. Metodologia

Esta pesquisa é resultado de uma ação em campo obtida através de um estagio supervisionado na área de melhoria contínua e aplicação da metodologia lean manufacturing. O estudo metodológico teve como foco o mapeamento de fluxo de valor, para alcançar resultados de eficiência operacional em processos produtivos de usinagem e pintura de eólicos em uma empresa denominada Alfa neste artigo.

5. Estudo de caso

Aplicando as ferramentas de produção enxuta e implementando soluções de produção enxuta, inicialmente foram medidos os tempos de ciclo e movimentação dos funcionários e da peça fundida a ser processada ao longo do fluxo de valor, para uma demanda semanal de quatro peças. Os inventários ao longo do processo também foram medidos e identificados juntamente com o lead time pelo mapa do estado atual do processo, isto é, uma peça tem um tempo total de produção de 3254 minutos. Através da implementação do sistema enxuto de produção, foi proposto um novo mapa do estado futuro onde foram instalados três supermercados para balanceamento de linha e a eliminação das inspeções dimensionais ao longo do processo produtivo resultando em uma redução do lead time para 2949 minutos com quatro dias de inventário.

5.1 Análise e interpretação de dados

Quanto menor o lead time de produção, menor o tempo entre pagar pela matéria prima e receber pelo acabado feito com estas matérias. Mas para que se tenha um lead time enxuto é preciso que se faça a cronoanálise do processo e suas operações ao longo da cadeia produtiva, um dos primeiros passos para formatação do estado atual do mapa de fluxo de valor. São destas análises e investigações em campo que se formam os primeiros takts da linha, inclusive onde se pode

empenhar mais esforços de melhoria devido a clareza em que se manifesta os valores não agregados dentro do processo conforme planilha 1 a seguir.

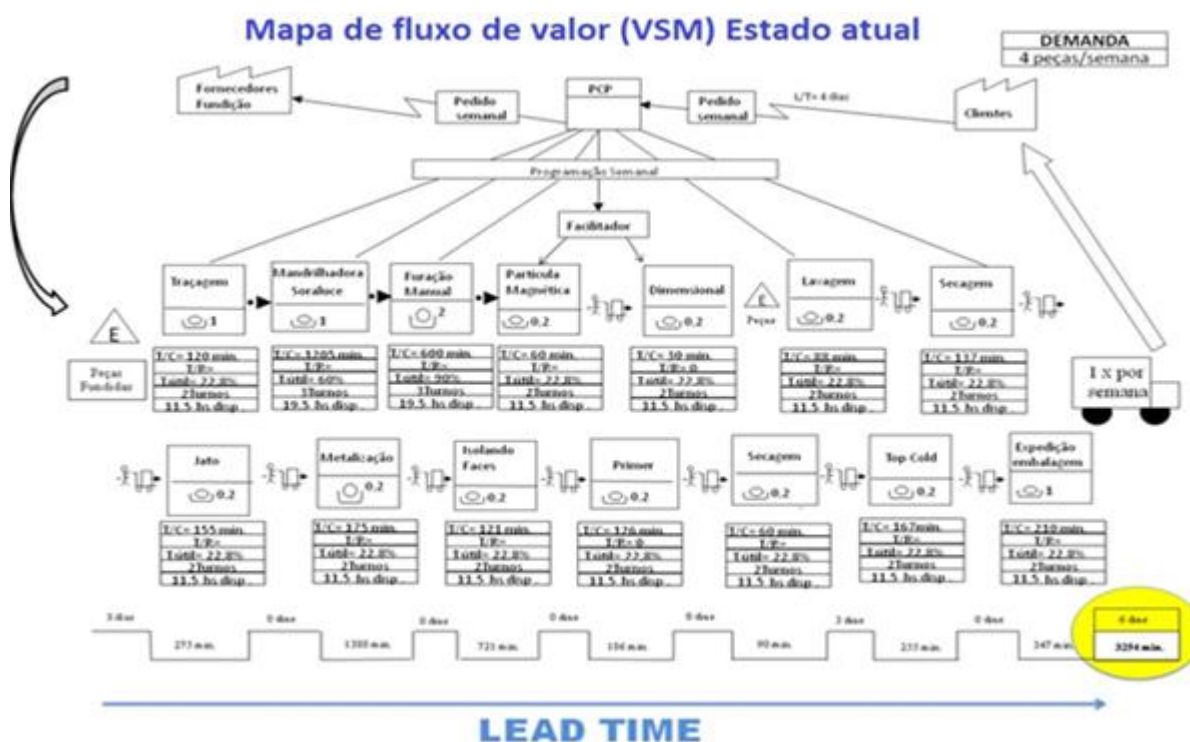
Total Ciclo Time	3254	Total lead time	
Usinagem operações gerais	1205	3254	
Furação manual	600	Minutos	
Traçagem/particula/dimencional	210		
Lavagem	88	VA	NVA
Secagem	137	1734	1520
Jateamento	155	53%	47%
Metalização	175		
Pintura Primer	307		
Pintura Top Coat	167		
Expedição/embalagem	210		

Fonte: Elaborado pelo autor

Planilha 1- Demonstrativo de ciclo time

O mapa completo do estado atual com as barras do lead time e dados sugere identificar as áreas de superprodução, o esforço necessário para criá-lo é um extremo “desperdício”, a menos que se use o mapa para rapidamente criar e implementar um -mapa do estado futuro- que elimine as fontes de desperdício e agregue valor ao produto e principalmente ao cliente, porque ele não quer pagar por “fluxos gordurosos” cheios de perdas por processos ineficazes.

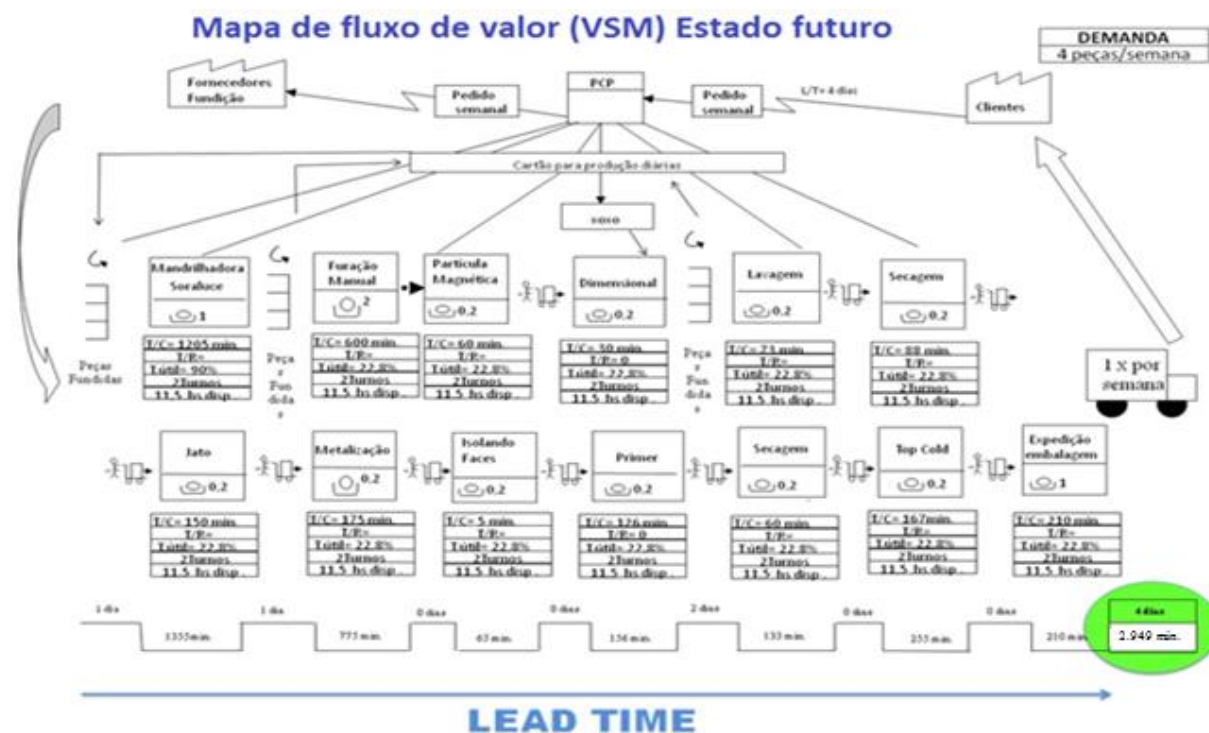
Neste caso, para o mapeamento do fluxo de valor, designa-se duas etapas: O desenho do estado atual. E posteriormente o desenho do estado futuro, construindo uma cadeia de produção por meio de fluxo ou puxada. As figuras 5 e 6 demonstram o estado atual e o estado futuro em um processo de usinagem e pintura de Hubs eólicos.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5- Mapa de fluxo de valor estado atual

Observa-se que esta fábrica não utiliza nenhuma das ferramentas do sistema de produção enxuta, as informações de produção são soltas pelo PCP em todos os setores de empresa, o que não permite um controle eficiente das operações não balanceadas. Sua programação é semanal, e mesmo assim não permite um bom fluxo de materiais e informações. Enxerga se também, células com gargalos e um Lead time de 3.254 minutos para cada remeça de produto pronto, com um inventário de seis dias.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6- Mapa de fluxo de valor estado futuro

Com a aplicação das ferramentas do sistema de produção enxuta, nota-se a importância de um processo de produção eficaz que permite o avanço da “puxada” (sistema pull). As informações são buscadas no fim da linha, sempre obedecendo aos cartões Kanban, mesmo tendo uma previsão semanal as informações para os processos ocorrem diariamente obedecendo é claro o FIFO, onde a obtenção de um Milk Run é de extrema importância para o sustento da linha que foi balanceada pelo calculo Takt Time. Os três supermercados de hubs eólicos foram montados antes da linha de produção, o que garante o reabastecimento da linha. Operações de valor não agregado como inspeção com alta capacidade foram eliminadas, modificando as células de processamento e eliminando o excesso de movimentação e transporte, tornado o PQVC mais aplicável. Conseguindo portanto reduzir o Lead time de 3.254 minutos para 2.949 minutos.

6. Resultados

Analisando o mapa do estado futuro, foram eliminadas todas as inspeções visuais ao longo do processo para melhor fluxo de produtos e serão realizadas nos supermercados antes da operação de lavagem por um operador enquanto o produto estiver aguardando para entrar na próxima operação, eliminando perdas ao longo do fluxo de valor. Com a eliminação da operação de visual e traçagem podemos reduzir em 10% do tempo total de ciclo, passando de um ciclo de 3254 minutos para 2949 minutos.

Outra melhoria implementada foi à redução de um turno de trabalho, o 3º turno aproveitando o tempo de disponibilidade do equipamento que não era utilizado totalmente de acordo com o

mapa do estado atual. O tempo takt time que sincroniza o ritmo da produção para acompanhar a velocidade das vendas foi dado:

Tempo takt time = 248.400 seg./4 peças = 62.100 segundos / peça.

6. 1 Aplicação de valor financeiro

Os clientes estão comprando este produto na razão de um a cada 62.100 segundos, isto é, um produto a cada 17 horas e 25 minutos. Mostrando este ganho em valor capital podemos considerar que o custo operacional para a transformação deste produto é R\$ 9.600,00 reais de usinagem e R\$ 860,00 reais de pintura por unidade de cada HUB. “Todos os custos relacionados a hora/homen, depreciação e manutenção foram levantados apartir de dados da controladoria da empresa Alfa neste artigo apresentada”.

Tem se um custo operacional atual de R\$ 10.460,00 reais/peça.

O tempo operacional atual é de 814 min/peça, para uma redução de um tempo operacional futuro de 564 min/peça.

A planta registra um custo operacional/minuto neste setor de R\$12,85 reais, chegando a um custo operacional atual de R\$10.460,00/peça.

Diminuindo para um custo operacional futuro de R\$ 7.247,40 reais/peça. A redução de custo mensal foi de R\$ 51.401,60 reais/mês, representando no final de 12 meses um ganho anual de R\$ 616.819,20 reais conforme planilha 2 a seguir.

Simple conferencia de ganho na aplicação do VSM no setor de acabamento eólico					
	custo op./min.	Tempo Op./ Peça- min.	Custo Op./ peça	Demanda/mês	Evolução
VSM Atual	R\$ 12,85	814	R\$ 10.459,90	16	R\$ 167.358,40
VSM Futuro	R\$ 12,85	564	R\$ 7.247,40	16	R\$ 115.958,40
Ganho mês		250	R\$ 3.212,50		R\$ 51.400,00
Ganho anual em reais					R\$ 616.800,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Planilha 2- Ganho financeiro na aplicação de VSM

7. Considerações finais e conclusão

Este trabalho procurou mostrar que a implementação dos conceitos do pensamento enxuto e das ferramentas que nele se aplicam pode ser realizada no processo de desenvolvimento de produtos. A pesquisa permitiu verificar que a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor é útil para ser aplicada ao processo de fabricação e auxiliar na identificação dos desperdícios.

Desenvolver um fluxo enxuto de valor expõe as fontes do desperdício em um processo de usinagem e pintura de hubs eólicos. Acredita-se que todos engenheiros e colaboradores têm um papel importante na implementação do sistema de produção enxuta. Os principais benefícios após as mudanças no estado futuro é um aumento de competitividade da companhia e um melhor ambiente de trabalho.

Referências

BAUCH, C. *Lean Product Development: Making waste transparent*. Munich, 2004. 140 p. Tese (Doutorado) - Technical University of Munich.

EMERIM, T.; SIMÕES, W. *A Combinação de Esforços Entre Mapeamento de Fluxo de Valor e A nálise de Valor: Um Caso na Indústria de Artefatos de Borracha Automotiva*. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE. ENEGEP, 2015.

FERREIRA, D.; ROCHA, M.; LOPES, V.; SANTOS, R.; SANTOS, J. *Mapeamento do Fluxo de Valor: Uma Abordagem de Melhoria Contínua em Uma Indústria Montadora de Computadores*. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE. ENEGEP, 2015.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. *Learnig to involve. A review of contemporary lean thinking*. International Journal of Operations & Production Management, v. 24, n. 10, p. 994-1011, 2004.

LIKER K.J., *O Modelo Toyota*. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005.

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

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R.J. *Forecasting Methods and Applications*.. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

MURMAN, E. M.; ALLEN, T.J, Et al. *Lean Enterprise Value: Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative*, London: Palgrave, 2002.

PELLEGRINI, F.R.; FOGLIATTO, F. *Estudo comparativo entre modelos de Winters e de Box-Jenkins para a previsão de demanda sazonal*. Revista Produto & Produção. Vol. 4, número especial, p.72-85, 2000.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar*. Lean Enterprise Institute do Brasil, 1998.

SHINGO, S. *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. [S.l.]: Productivity Press, 1981.

SOHAL, A. S.; EGGLESTONE, A. *Lean production: experience among australian organizations*. International Journal of Operations & Production Management, v. 14, n. 11, p. 35-51, 1994.

WOMACK, J.P.; JONES, D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Nova York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, J.P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. Ed. Campus: Rio de Janeiro, Brasil, 2004.