

Mapeamento do Fluxo do Valor como proposta de melhoria no processo produtivo de uma fábrica de reservatórios

Olga Maria Formigoni Carvalho Walter (Universidade Federal de Santa Catarina) olgaformigoni@gmail.com
Dalvio Ferrari Tubino (Universidade Federal de Santa Catarina) tubino@deps.ufsc.br

Resumo:

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) tem sem mostrado uma importante prática da Manufatura Enxuta (ME) no auxílio à identificação e eliminação de desperdícios. Este trabalho apresenta uma proposta de aplicação do MFV, conduzida por meio de um estudo de caso em um setor de uma empresa de grande porte, produtora de reservatórios de ar. O estudo identificou possibilidades de melhorias no processo produtivo, a fim de adequá-los aos princípios da ME. Os principais resultados esperados estão, sobretudo na diminuição do *lead time* em torno de 80% e na redução de metade da mão de obra direta envolvida no processo produtivo estudado.

Palavras chave: Manufatura Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor, Reservatório de Ar.

Value Stream Mapping as a proposal for improving the production process of pressure vassels factory

Abstract

The Value Stream Mapping (VSM) has shown an important Lean Manufacturing (LM) tool in helping to identify and eliminate waste. This paper presents a proposal for the implementation of VSM, conducted through a case study in a sector of a large company, a producer of pressure vessels. The study identified opportunities for improvements in the production process in order to adequate them to the principles of LM. The main results expected are especially in decreasing the lead time around 80% and reducing half of the direct labor involved in the production process studied.

Key-words: Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Pressure Vessels.

1. Introdução

A Manufatura Enxuta (ME) vem sendo empregada cada vez mais, na busca pela melhoria dos processos produtivos, redução de custos pela eliminação de desperdícios, possibilitando a melhoria da qualidade dos produtos e serviços.

Apesar de vários autores afirmarem que não há um consenso sobre uma definição de ME na literatura (SHAH; WARD, 2007; BAYOU; KORVIN, 2008; PETTERSEN, 2009), ela pode ser definida como uma estratégia de produção baseada em um conjunto de práticas, oriundas do Sistema Toyota de Produção (STP), cujo objetivo é melhorar continuamente o sistema produtivo por meio da eliminação dos desperdícios (todas as atividades que não agregam valor ao cliente).

A ME é considerada um dos paradigmas de produção mais influentes dos últimos tempos (HINES; HOLWEG; RICH, 2004; HOLWEG, 2007), o que leva muitas empresas a implantá-la para manter ou conquistar novos mercados, tanto a nível local quanto global. Isso contribui para as empresas reduzirem seus custos, eliminando desperdícios, melhorando qualidade e aumentando a satisfação dos clientes.

Este trabalho tem como objetivo identificar possibilidades de melhoria no processo produtivo de uma empresa de grande porte, produtora de reservatórios de ar, por meio do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), com a finalidade de projetar um sistema produtivo que esteja em harmonia com as práticas e princípios da ME.

2. Referencial Teórico

Esta seção tem por finalidade proporcionar uma sustentação teórica ao trabalho, abordando a origem da ME, seus princípios e alguns mapas para representação de fluxos de processos industriais, focando-se, sobretudo no MFV.

2.1 Manufatura Enxuta

O termo Manufatura Enxuta definitivamente popularizou-se após a publicação do livro “*The machine that changed the world*”, no início da década de 1990. Este livro relata uma pesquisa de *benchmarking* realizada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que identifica as organizações que vinham apresentando um desempenho considerável no mercado mundial, mais especificamente as indústrias automobilísticas japonesas, trazendo um levantamento de suas práticas, princípios e técnicas adotadas na manufatura.

O STP difundiu-se na época em que a conjuntura econômica mundial foi afetada pela crise do petróleo em 1973. Diante deste contexto as empresas passaram por um período de crescimento zero e baixa produtividade, o que conseqüentemente desencadeou uma nova modalidade de competição para tentar acompanhar este novo cenário econômico.

A produção em massa idealizada por Ford na qual cada processo faz muitos componentes e os envia para o processo seguinte em função de produzir em grandes quantidades com máquinas de alto desempenho e de alta velocidade, não se adequou mais o modelo japonês e ao baixo crescimento do mercado diante da crise do petróleo e a sucessiva recessão.

Nesse sentido, a ME que se apóia no enfoque de flexibilidade, tentando produzir de acordo com as necessidades do mercado em pequenos lotes, levando em consideração a redução de desperdícios, foi a estratégia de produção adotada pela Toyota para agregar valor aos produtos produzidos fazendo com que se destacasse em relação as demais indústrias automobilísticas.

A ME baseia-se em cinco princípios que são base desta estratégia de produção (WOMACK; JONES, 2004): 1. Valor (embutir valor aos produtos segundo a perspectiva do cliente); 2. Fluxo de Valor (mapear o caminho que o produto percorre, identificando as atividades que não agregam valor e eliminando as desnecessárias); 3. Fluxo (deixar que as ações necessárias para agregação de valor possam fluir sem interrupções estabelecendo fluxo contínuo); 4. Produção Puxada (produzir somente quando o cliente sinalizar sua necessidade visando eliminar a superprodução) e; 5. Perfeição (buscar a melhoria contínua alcançando o fornecimento de valor conforme a ótica do cliente).

Esses princípios podem ser aplicados quando se busca eliminar os sete desperdícios descritos por Ohno (1997) que são comumente encontrados nos sistemas de produção convencionais:

1. Superprodução: produzir além das necessidades do próximo processo, gerando estoques e elevando custo de armazenamento;
2. Espera: normalmente caracterizada por longos *setups*, atraso na chegada de matéria-prima e

operadores esperando material do processo anterior;

3. Transporte: necessário devido ao arranjo físico inadequado da fábrica, o que pode ser resolvido através da melhoria do *layout*;

4. Processamento: operações desnecessárias nas etapas do processo de produção que devem ser eliminadas;

5. Estoque: além de ocultar outros desperdícios, requer grandes investimentos e espaço físico, não garantindo segurança, pois podem ter suas características afetadas (oxidação, ferrugem) ou ainda tornarem-se obsoletos;

6. Movimento: movimentos repetidos e desnecessários dos trabalhadores que podem ser eliminados pela determinação de padrões eficientes de trabalho;

7. Produtos defeituosos: a inspeção em cada processo executada pelo próprio operador no seu posto de trabalho deve ser uma prática no fluxo produtivo.

Recentemente um oitavo desperdício tem sido considerado, que seria ignorar a criatividade das pessoas, desperdiçando seu talento, ideias, habilidades e sugestões, impedindo a contribuição dos funcionários em ações que possibilitem o melhor desempenho das operações (LIKER, 2005; VINODH; CHINTHA, 2011).

2.2 Mapas para Representação de Processos Industriais e do Fluxo de Valor

Há vários mapas para representação de fluxos de processos industriais, que se diferenciam em função de seus objetivos, forma de construção e apresentação. Eles têm em comum o objetivo de proporcionar uma visão holística das operações, colocando no papel o que está acontecendo na prática. Na sequência serão abordados brevemente mapas de processo com o foco em processos industriais e suas variações.

- **Fluxograma de Processo:** é um diagrama utilizado para descrever processos industriais (DAVIS, CHASE; AQUILANO, 2001; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009), proporcionando visualização ampla de todas as etapas. Possui simbologia própria para descrever as atividades desenvolvidas, mostrando ações de: operação, inspeção, espera, transporte, armazenamento atividades combinadas, entre outras.

- **Gráfico de Gantt:** é uma ferramenta de planejamento utilizada para exibir a sequência de atividades no tempo (DAVIS, AQUILANO; CHASE, 2001) e informações como: as datas de início e fim, a duração, os custos, os recursos necessários (máquinas, pessoas, matéria-prima) e o caminho crítico, entre outras informações.

- **Rede PERT/CPM:** As técnicas PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e CPM (*Critical Path Method*) foram independentemente em torno de 1950, porém a grande semelhança entre estas fez com que o termo PERT/CPM fosse utilizado conjuntamente. PERT e CPM utilizam principalmente os conceitos de redes (grafos) para planejar, visualizar e representar a coordenação das atividades de um projeto. Enquanto PERT é o cálculo a partir da média ponderada de 3 durações possíveis de uma atividade (otimista, mais provável e pessimista), CPM é a apuração do caminho crítico de uma sequência de atividades (CUKIERMAN, 2000),

- **ICAM/IDEF (*Integrated Computer Aided Manufacturing/Integrated Definition Method*):** Representa um sistema por meio de um modelo composto de diagramas e textos (SANVIDO, 1990). Sua construção inicia-se com uma simples caixa com setas que indicam interfaces com o ambiente externo do sistema. Esta caixa é decomposta em mais funções, e cada uma destas funções pode ser decomposta em mais sub-processos. A decomposição da função é descontinuada quando os detalhes apresentados são suficientes para representação do

processo.

- **Mapeamento de Atividades do Processo:** É comumente utilizado para documentar o *lead time* e mapear oportunidades de produtividade para os fluxos de produto e informação, tanto no chão de fábrica como em outras áreas da empresa (HINES; RICH, 1997). Este tipo de mapa é uma derivação do fluxo de processos e CPM, porém conta com a possibilidade de comportar informações relevantes sobre os processos industriais por meio de tabelas.

- **Matriz de Resposta da Cadeia de Suprimentos ou MRCS (Supply Chain Response Matrix):** é outra ferramenta citada por Hines e Rich (1997) para mapeamento de processos industriais, porém sua maior aplicação é na construção de mapas de inventários e documentação do *lead time*, demonstrando os tempos que o produto/peça/componente leva para percorrer o processo produtivo, ou mesmo toda a cadeia de suprimentos.

- **Matriz de Estrutura de Projeto ou DSM (Design Structure Matrix):** é utilizada para facilitar a visualização das interações que ocorrem dentro de um processo. Com essa matriz, pode-se promover um rearranjo de atividades de forma que as iterações dentro do processo sejam reduzidas ou alocadas mais adequadamente. A linha da matriz DSM representa quais são as entradas necessárias para uma atividade, enquanto que a coluna representa as atividades que fazem uso da saída da atividade discriminada (PEIXOTO; TRABASSO, 2010).

- **Diagrama de Fluxo:** também conhecido como “Diagrama de Espaguete”, é realizado com base no *layout* da fábrica e demonstra o caminho percorrido por um produto na medida em que ele se movimenta ao longo de um fluxo de valor (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003).

- **Carta de Atividades Múltiplas:** também conhecida como Gráfico Homem-máquina, ou Diagrama de Carga do Operador, é utilizada para o estudo e o melhoramento da utilização de operador e recursos ou suas combinações. É muito utilizada para registrar o trabalho de um operador controlando várias máquinas e para verificar a carga de trabalho envolvida (MARTINS; LAUGENI, 2006).

- **Rotina de Operações Padrão:** demonstra a sequência de ações que o operador deve executar dentro de um dado tempo de ciclo (MONDEN, 1984; TUBINO, 2007). Esta rotina fornece ao operador a ordem de sequência para apanhar a peça, colocá-la na máquina e retirá-la após o processamento. Também fornece a sequência de operação para um operário multifuncional que executa operações em diversas máquinas dentro de um ciclo de tempo.

A partir das idéias dos vários mapas para representação de processos apresentados previamente, foram criadas muitas outras maneiras de mostrar o comportamento de um processo produtivo, com o auxílio de figuras ilustrativas, simbologias próprias para descrever detalhes do processo, adição de informações como o tempo de duração da tarefa, distâncias percorridas entre as operações, delimitações do *layout*, entre outros aspectos. O MFV idealizado por Rother e Shook (2003) pode ser considerado uma evolução destes mapas.

2.3 Mapeamento do Fluxo de Valor

O MFV é uma das mais recentes contribuições da ME (LASA; CASTRO; LABURU, 2009). Esta prática é aplicada como um caminho em direção a ME e como uma fórmula para conduzir as atividades de melhoria (WOMACK; JONES, 2004; SAHOO *et al.*, 2008).

O MFV descreve detalhadamente como a produção deve operar para criar fluxo. Utiliza ícones e símbolos para representar o fluxo de materiais e de informações que o produto segue no fluxo de valor e a partir da aplicação dos princípios enxutos, apresentarem propostas de melhorias, implementando um novo fluxo sem desperdícios (ROTHER; SHOOK, 2003).

É composto basicamente por quatro etapas: seleção de uma família de produtos, desenho do mapa estado atual, desenho do mapa estado futuro e, definição e implementação do plano de ação. Na primeira etapa do MFV que consiste em escolher uma família de produtos a ser mapeada, considera-se da mesma família, produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns. Em seguida é realizada uma coleta de informações diretamente no chão de fábrica a fim de desenhar o estado atual dos processos associados a essa família de produtos.

As ideias para a elaboração do mapa estado futuro surgem na medida em que são verificados os pontos do mapa do estado atual que não agregam valor. Assim parte-se para o plano de ação para implementar as ideias que farão parte do mapa do estado futuro.

Rother e Shook (2003) afirmam que sempre haverá um estado futuro. O processo de MFV não termina com a implementação proposta no estado futuro, pois após sua implementação novas oportunidades de *kaizen* podem surgir levando a projetar um novo mapa, ou seja, o MFV é um processo cíclico, pois sempre será possível identificar melhorias passíveis de aplicação e eliminação de desperdícios que levam a um novo mapeamento. Este é um dos princípios propostos pela ME e pelo STP, melhorar continuamente.

Durante o MFV são levantadas várias informações importantes do chão de fábrica nas quais é necessário compreender seu significado para também compreender o impacto que sua melhoria pode alcançar no mapeamento do estado futuro. Essas informações são apresentadas no Quadro 1:

Métricas do MFV
Takt Time: É a frequência na qual se deve produzir um produto sincronizando a velocidade de produção ao ritmo de vendas, para atender a demanda do mercado. Seu cálculo é determinado pela divisão do tempo de trabalho disponível por turno pela necessidade da demanda do cliente por turno
Tempo de ciclo: É o tempo que leva desde que um produto entra no processo até que este saia dele e um segundo produto entre nesse mesmo processo, ou seja, é a frequência que determinada peça leva para ser completada em determinado processo
Tempo de troca: É o tempo gasto na troca de processo de produção de um lote até a produção da primeira peça do próximo lote
Tempo de agregação de valor: tempos de elementos de trabalho que estão agregando valor ao produto
Lead time: Representa o tempo que determinado item percorre desde o início até o fim fluxo do valor
Tamanho da embalagem: quantidades por peça na embalagem
Pitch: é o incremento consistente de trabalho calculado baseado na quantidade de embalagens no contenedor. É obtido multiplicando a quantidade de transferência de produtos acabados no processo puxador pelo <i>takt time</i> . O <i>pitch</i> equivale a dar instruções ao processo puxador para produzir a quantidade para uma embalagem.
Disponibilidade: tempo disponível por turno de trabalho no processo, descontado pausas para almoço, reuniões, manutenções e limpezas
Tamanho do lote: indica a frequência nas quais são produzidos os lotes de produção
Número de operadores: quantidade de pessoas necessárias no processo
Processo Puxador: é um único processo do fluxo de valor que será programado, definindo o ritmo para todos os processos anteriores

Quadro 1 – Métricas *Lean* do MFV.

3. Metodologia

O delineamento metodológico desta pesquisa propõe um direcionamento que visa à obtenção de resultados mediante a aplicação do MFV em uma indústria metal-mecânica. De acordo com Gil (2010) em relação a seus objetivos, esta pesquisa classifica-se como exploratória, e quanto aos procedimentos técnicos adotados, é delimitada como estudo de caso (YIN, 2010).

A empresa estudada, situada no norte do estado de Santa Catarina, é uma empresa fabricante de peças para a linha automotiva e compressores de ar. Apesar de ambas as divisões da empresa estarem em fase de implantação da ME, o desenvolvimento desse trabalho está

focado em um das áreas da divisão de compressores, onde inicia-se o processo produtivo de toda a linha de produtos fabricada na divisão em análise. Por questões estratégicas a empresa estudada será denominada como “Fábrica de Reservatórios X”.

Para elaboração do MFV seguiu-se a metodologia de Rother e Shook (2003). Para construir o mapa do estado atual, basicamente percorreu-se o chão de fábrica, coletaram-se as informações necessárias por meio de observações e consultas a documentações internas da empresa e, desenharam-se os processos de acordo como estavam sendo executados. Já para o mapa do estado futuro, utilizou-se as 8 questões chaves, dispostas no Quadro 2, que estão respondidas uma a uma na seção 4.2, conforme a situação da empresa estudada.

Questões chaves para condução do mapeamento do estado atual

- i. Qual é o *takt time* que melhor responde ao cliente?
 - ii. Você produzirá para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para produtos para expedição?
 - iii. Onde você pode usar fluxo contínuo?
 - iv. Onde precisará introduzir sistemas puxados com supermercados ou com FIFO?
 - v. Em que ponto da cadeia produtiva (o processo puxador) você programará a produção?
 - vi. Como nivelará o mix de produção no processo puxador?
 - vii. Que incrementos de trabalho (*pitch*) você liberará uniformemente do processo puxador?
 - viii. Quais melhorias de processo serão necessárias para fluir o fluxo de valor?
-

Fonte: Rother e Shook (2003)

Quadro 2 – Questões chaves para o mapeamento do estado atual

4. Análise e discussão da aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor

4.1 Elaboração do Mapa do Estado Atual

A fábrica de Reservatório X atua na indústria metal-mecânica, produzindo reservatórios para uma empresa fabricante de compressores, a Fábrica Y. A Empresa X trabalha em dois turnos de 8,8 horas, cinco dias por semana. Produz aproximadamente 50 modelos de reservatórios, mas a família escolhida para o mapeamento foi uma linha específica que possui os modelos de 30 e 50 litros, pintados na cor branca. Uma representação de um dos produtos pertencentes a família mapeada é apresentada na Figura 1.

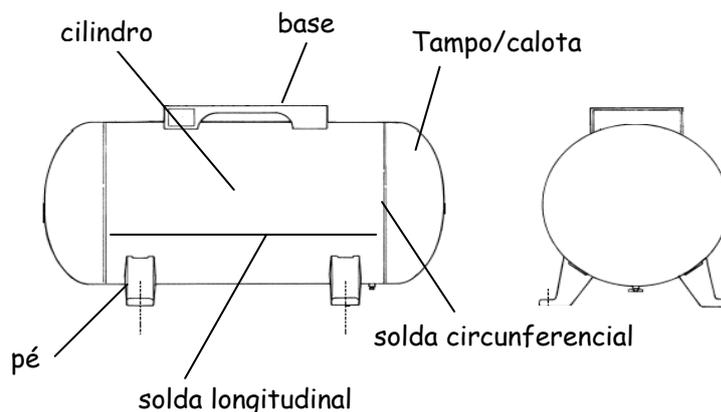


Figura 1 – Reservatório de ar comprimido

Os reservatórios de ar comprimido fabricados pela empresa em sua grande maioria são recipientes com corpo cilíndrico e tampos abaulados (elípticos) capazes de conter/manter ar pressurizado.

A Fábrica Y opera em dois turnos. Ela consome mensalmente 1.400 peças do reservatório de 30 litros e 1.000 peças do modelo de 50 litros. O transporte é feito em pallets especiais

retornáveis com 40 peças do modelo de 30 litros e 20 do modelo de 50 litros. Os pallets são transportados diariamente entre as duas empresas através de caminhões, o pedido de entrega de reservatórios é enviado eletronicamente.

Existem 7 processos de fabricação do reservatório na Empresa X: guilhotina, calandra, prensa, rebordeadeira, montagem/solda/teste, pintura e expedição, que estão representados na Figura 2, o mapa do estado atual da empresa estudada. Em cada processo foi levantado o tempo de ciclo, o tempo de troca, a disponibilidade que representa a confiabilidade do processo, bem como o estoque entre cada um deles.

Pode-se perceber que na empresa, existe estoque de matéria-prima, de produtos acabados e estoque entre cada processo. O processo da calandra onde é fabricado o cilindro do reservatório, acontece simultaneamente aos processos de prensa e rebordeadeira, onde é fabricado o tampo do reservatório.

A principal matéria-prima da empresa é o aço, que são os *blankets* para a execução dos tampos e dos cilindros dos reservatórios. A entrega do aço acontece semanalmente, e o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) é o responsável de passar ao fornecedor os pedidos via eletrônica de dados, semanalmente. A entrega é feita em caminhões.

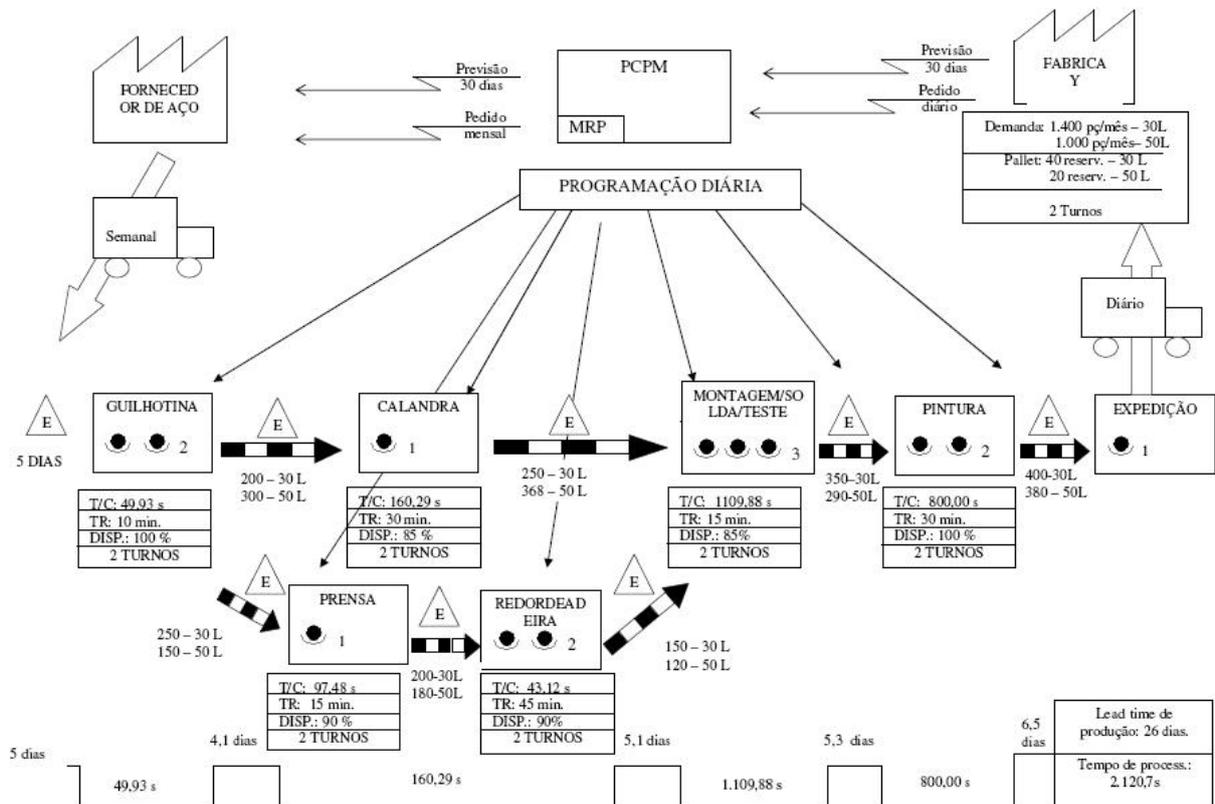


Figura 2 - Mapa do estado atual

Na Empresa X, o PCP é o processo encarregado de programar toda a produção da fábrica e a entrega de matéria-prima, com a utilização de um sistema de planejamento das necessidades de material, o MRP. A comunicação entre a empresa e o fornecedor ou o cliente, acontece eletronicamente, através de pedidos enviados por e-mail. Existe uma previsão mandada mensalmente e uma confirmação, que é o pedido do material em si, enviado semanalmente. A comunicação do PCP com os processos é feita através de ordens impressas diariamente, com a programação de cada um deles feita separadamente.

Como o PCP programa cada processo, percebe-se que o movimento de material é de

empurrar, ou seja, cada processo produz o que lhe foi solicitado sem a preocupação da real necessidade do processo seguinte, cliente, pois apesar do PCP relacionar os processos para a programação, nem sempre a produção acontece como o planejado, existem problemas de paradas, de manutenção, de falta de material, ou da troca de produto produzido. Isso gera os estoques entre os processos.

Por meio da Figura 2, percebe-se que na Empresa X, existe um ponto muito crítico: o tempo para se fazer uma peça é de apenas 2.120 s, embora a peça leve 26 dias para percorrer a planta da fábrica inteira. Percebe-se a grande quantidade de estoques pelo fato de os processos não estarem conectados, empurrando sua produção para frente, com um longo *lead time* mesmo tendo um pequeno tempo de processamento.

4.2 Elaboração do Mapa do Estado Futuro

Na sequência serão respondidas as oito questões chaves propostas por Rother e Shook (2003) para elaboração do mapa do estado futuro.

i) Qual é o *takt time* da fábrica de Reservatórios para a família de produtos escolhida?

Com a demanda de 2.400 peças/mês (1.400 peças de 30 litros e 1.000 peças de 50 litros), trabalhando por 20 dias em dois turnos, tem-se uma demanda diária de 120 peças. Desconsiderando 0,5 horas de parada para refeição, o *takt* por turno é 498 segundos (29.880 segundos/60 peças).

ii) A fábrica de Reservatórios deveria produzir para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição? Como a fábrica de Reservatórios X não tem um fluxo de pedido de entrega confiável e tem um *lead time* longo não é viável produzir diretamente para a expedição. Então se optou em produzir em lotes e controlar a sua produção com um sistema puxado via supermercado. A fábrica de Reservatórios determinará a produção efetiva por meio de *kanban*, retornando para a célula de pintura a partir do supermercado de produtos acabados.

Na medida em que o consumidor faz a compra em pallets, ou seja, cada pallet de 40 ou 20 reservatórios de 30 ou 50 litros respectivamente no supermercado de produtos acabados, possui um *kanban* de produção. Na medida em a expedição retira os pallets do supermercado para realizar a entrega, o *kanban* destes pallets retornam para a célula.

Na medida em que o consumidor faz a compra em pallets, ou seja, cada pallet de 40 ou 20 reservatórios de 30 ou 50 litros respectivamente no supermercado de produtos acabados, possui um *kanban* de produção. Na medida em a expedição retira os pallets do supermercado para realizar a entrega, o *kanban* destes pallets retornam para a célula.

iii) Onde a Fábrica de Reservatórios X pode introduzir fluxo contínuo? O gráfico de balanceamento da Figura 3 resume os tempos atuais dos ciclos para cada processo.

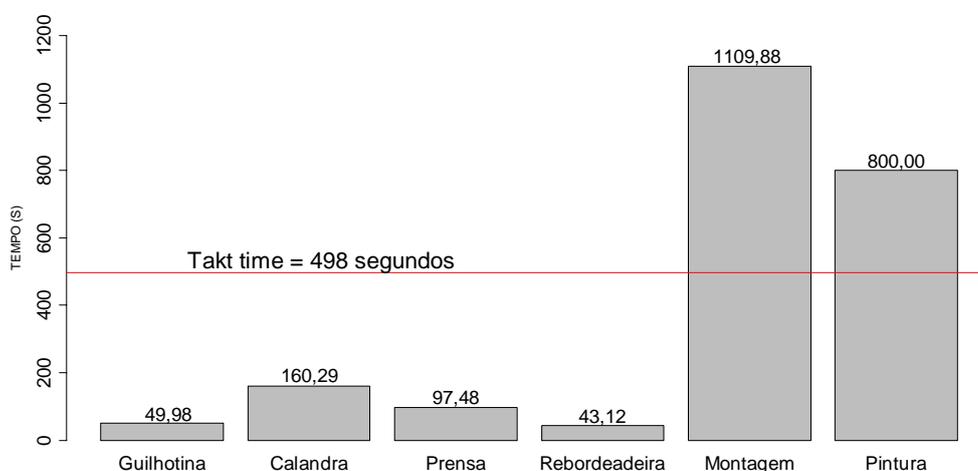


Figura 3 – Tempo de ciclos atuais

Analisando as estações de trabalho da guilhotina, prensa, rebordeadeira e calandra, todas apresentam um tempo de ciclo muito menor que o *takt time*, este fato aumenta as chances de gerar excesso de produção e reduz o incentivo para encontrar e eliminar as suas causas. Estas estações poderão passar diretamente de uma etapa para a próxima em um fluxo contínuo.

Examinando as estações de trabalho de montagem e pintura, notamos que seus tempos de ciclo não são muito diferentes, mas estão muito acima do *takt time*. Essas estações de trabalho também já são dedicadas à família de produto, de modo que o fluxo contínuo na pintura e montagem pode ser possível.

Outro ponto que deve ser observado são os operadores que caminham consideráveis distâncias para buscar peças, operadores deixando a sua área de trabalho para fazer atividades fora do ciclo. Nenhuma dessas ações adiciona valor do ponto de vista do cliente. Todas interrompem o fluxo e todas são desperdícios.

O enfoque enxuto significa que todos os processos devem ficar imediatamente próximos, fazer com que os operadores carreguem ou passem as peças de uma etapa do processo para a outra e distribuir os elementos de trabalho de tal modo que o conteúdo do trabalho do operador fique um pouco abaixo do *takt time*.

Dividindo o conteúdo total de trabalho desde a guilhotina até a pintura pelo *takt time* (2260,7/498) revela que 4,54 operadores seriam necessários para trabalhar com a solda e a montagem em um fluxo contínuo. Portanto cinco operadores deverão ser utilizados.

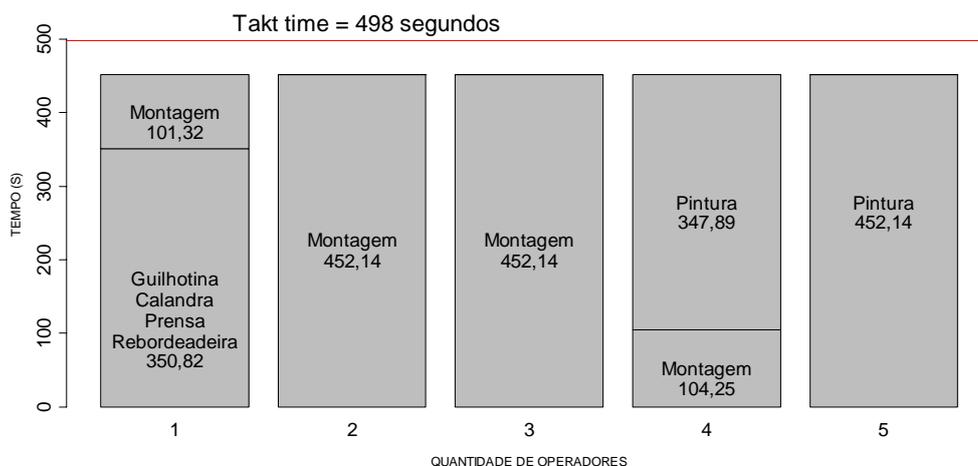


Figura 4 - Tempos de Ciclo após *kaizen* de processo

A próxima opção é eliminar o desperdício através do *kaizen* de processo para trazer o tempo de ciclo abaixo do *takt time*. Uma meta do *kaizen* seria reduzir o conteúdo do trabalho de cada operador para aproximadamente 453 s ou menos (< 2.265 s de conteúdo de trabalho total) para evitar necessidade de hora extra.

Para permitir a produção no *takt time* e nivelar o *mix*, um processo puxador típico deveria idealmente ter pouco ou nenhum tempo de troca e mudar com muita frequência. Deste modo, os tempos de troca em todas as estações precisam ser reduzidos.

Deste modo, no mapa do estado futuro, Figura 5, as seis caixas de processo desde a guilhotina até a pintura foram integradas em uma caixa de processo única para indicar um fluxo contínuo.

iv) Onde precisará introduzir sistema puxado com supermercados ou com FIFO? Conforme questão ii, o supermercado ficará entre a célula (guilhotina + calandra + prensa + rebordeadeira + montagem + pintura) e a expedição.

v) Qual o ponto da cadeia de produção que a empresa deveria programar? Todos os processos anteriores ao processo puxador precisam estar em fluxo, no caso em estudo o ponto de programação é o processo Guilhotina + calandra + prensa + rebordeadeira + montagem + pintura. Esse ponto único regulará o fluxo completo de valor do reservatório.

vi) Como deverá ser nivelado o *mix* de produção no processo puxador?

Mediante o *takt time* de 498 segundos, calcula-se o *pitch* para cada modelo de produto. Assim tem-se 332 minutos de *pitch* para o reservatório 30 litros e 166 minutos para o reservatório 50 litros.

Quando a entrega diária é feita para a Fábrica Y 1,75 pallets do reservatório de 30 litros (70 peças) e 2,5 pallets do reservatório de 50 litros (50 peças) são normalmente carregados no caminhão de cada vez. Caso não haja cuidado, os 4,25 *kanbans* de produção removidos desse pallet antes do carregamento serão enviados de volta para a célula do processo Guilhotina + calandra + prensa + rebordeadeira + montagem + pintura em um lote, ou seja a célula produzirá todas as 1,75 pallets do reservatório de 30 litros e os 2,5 pallets do reservatório de 50 litros.

Na visão do fluxo de valor produzir em lotes é um caminho errado. O mais apropriado seria a célula do processo Guilhotina + calandra + prensa + rebordeadeira + montagem + pintura nivelar o *mix* uniformemente durante o turno, desta forma haverá tempo suficiente para reabastecer o que foi retirado sem necessidade de incluir mais um supermercado.

Agora se deve identificar como que se pode garantir que os *kanbans* retornando para a célula do processo Guilhotina + calandra + prensa + rebordeadeira + montagem + pintura, que são as instruções de produção voltem em uma sequência que nivelem o *mix* durante o turno. A opção seria o controle da produção colocar um *kanban* de retirada correspondente ao pedido do cliente em uma caixa de nivelamento de carga próxima da doca de expedição, em uma sequência mista (reservatório de 30 litros e reservatório de 50 litros). O controlador de materiais pega então esses *kanbans*, um de cada vez no ritmo de incremento *pitch* (332 minutos para o reservatório de 30 litros e 166 minutos para o e reservatório de 50 litros) e move os pallets do supermercado de produtos acabados para área de liberação, de acordo com o *kanban* de retirada. Dessa forma cada pallet é puxado do supermercado, o *kanban* de produção nesse pallet retorna para a célula em incrementos de tempo em um padrão reservatório 30 litros/50 litros que reflete o *mix* e o incremento *pitch* que o controle de produção tinha estabelecido.

vii) Qual incremento de trabalho deve ser liberado e retirado o processo puxador? Um incremento natural de trabalho na célula Guilhotina + calandra + prensa + rebordeadeira + montagem + pintura é *pitch* de 332 minutos (reservatório 30 litros) e 166 minutos (reservatório 50 litros). Esse *pitch* corresponde a um pallet de 40 e 20 peças respectivamente. O que significa que a fábrica de reservatórios terá uma liberação sincronizada das instruções de trabalho e duas retiradas sincronizadas de produtos acabados na célula.

viii) Quais melhorias no processo serão necessárias para o fluxo de valor funcionar como está descrito no desenho do estado futuro?

a) Eliminação do desperdício através do *kaizen* de processo para trazer o tempo de ciclo abaixo do *takt time* no processo de solda/montagem/teste.

b) Reduzir o conteúdo do trabalho de cada operador para aproximadamente 453 segundos ou

menos (ou < 2.265 segundos de conteúdo de trabalho total).

c) Para permitir a produção no *takt time* e nivelar o *mix*, o processo puxador deveria ter pouco ou nenhum tempo de troca, e os tempos de troca em todas as estações precisam ser reduzidos para poucos segundos.

As informações da questão 8 são assinaladas no mapa do estado futuro como necessidade de *kaizen*, no mapa do estado futuro que é apresentado na Figura 5.

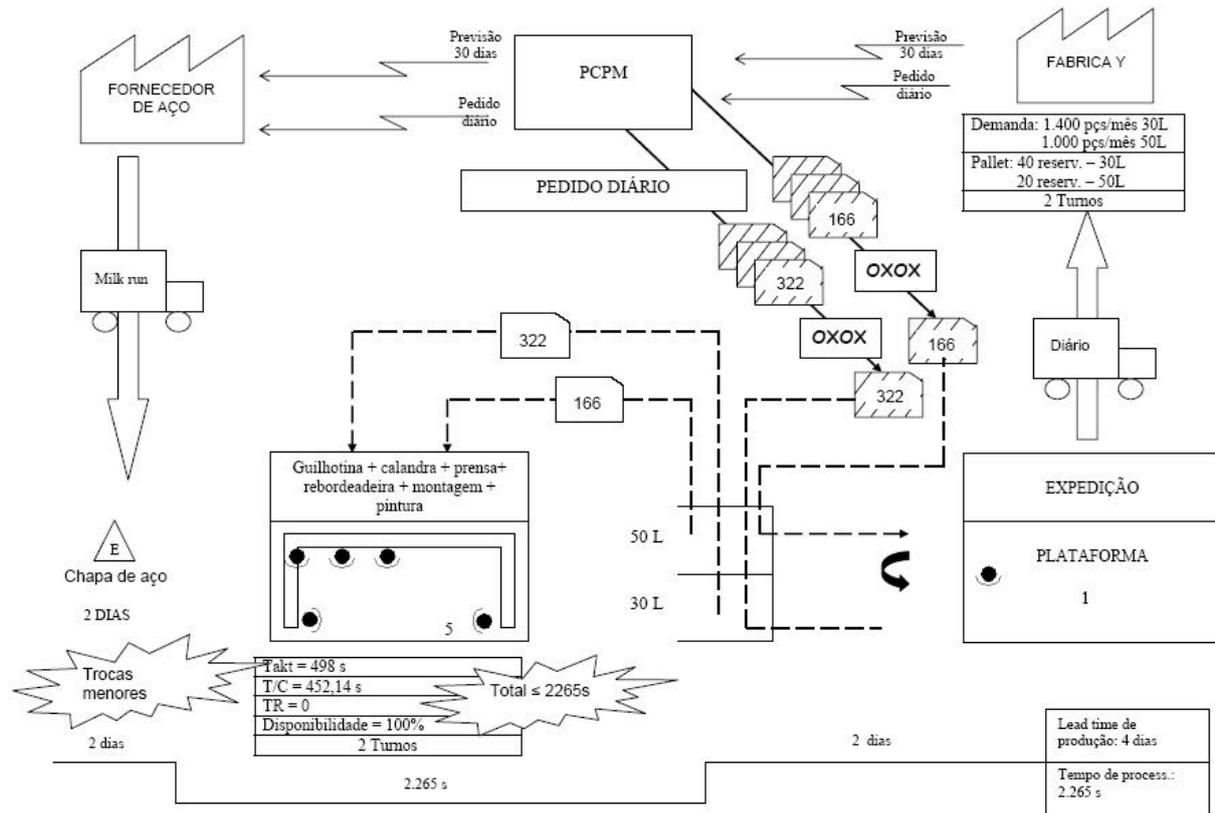


Figura 5 - Mapa do estado futuro

Após a elaboração do mapa do estado atual, as melhorias identificadas foram sugeridas por meio de uma reunião entre os pesquisadores e os supervisores da área avaliada, contando também com a participação de operadores chaves do processo. O supervisor de produção ficou encarregado de acompanhar as modificações sugeridas mediante reuniões semanais entre toda a equipe envolvida para execução do plano de ação.

5 Resultados Esperados e Considerações Finais

Este trabalho apresentou o MFV como uma proposta para gerar melhorias no processo produtivo de uma empresa fabricante de reservatórios de ar. Optou-se pelo uso do MFV por tratar-se de uma ferramenta essencial na implantação da ME, pois ajuda a tornar as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que se possa discuti-las, mostrando a relação entre o fluxo de informação e o de material, enxergando além dos processos individuais, ou seja, permite enxergar o fluxo completo.

Muito trabalho principalmente no que diz respeito a redução do tempo de *setup* será necessário, porém através da construção do mapa do estado atual e futuro e com a implementação das atividades sugeridas, esperam-se alcançar as seguintes transformações enxutas: significativas reduções de movimentações, visto que o trabalho foi agrupado em uma única célula, redução de estoques em processo, encurtando o *lead time* em torno de 84,6%, ou

seja, de 26 para 4 dias. Além da redução de mão de obra direta de 12 para 6 operadores.

Um fator a ser considerado mediante a redução de 50% de mão de obra, é que toda a força de trabalho excedente deve ser realocada para outras atividades na empresa, pois os princípios da ME valorizam as pessoas e seu trabalho, uma vez que são os principais agentes da transformação enxuta.

Referências

BAYOU, M.E. & KORVIN, A. *Measuring the leanness of manufacturing system: A case study of Ford Motor Company and G.Motors.* Journal of Engineering and Technology Management, v. 25, n. 4, p. 287-304, 2008.

CUKIERMAN, Z.S. *Planejando para o Futuro: O Modelo Pert CPM Aplicado a Projetos.* São Paulo: Qualitymark, 2000.

DAVIS, M.; CHASE, R.B.; & AQUILANO, N. J. *Fundamentos da Administração da Produção.* 3.ed. Porto alegre: Bookman, 2001.

GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa.* 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

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

HINES, P. & RICH, N. *The seven values stream mapping tools.* International Journal of Operation and Production Management, v. 17, n.1, p. 46-64, 1997.

HOLWEG, M. *The genealogy of lean production.* Journal of Operations Management, v. 25, n.2, p. 420-437, 2007.

LASA, I.S.; CASTRO, R. & LABURU, C. O. *Extent of the use of Lean concepts proposed for a value stream mapping application.* Production Planning & Control, v. 20, n. 1, p. 82-98, 2009.

LIKER, J.K. *O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo.* Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARCHWINSKI, C. & SHOOK, J. *Léxico Lean.* São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

MARTINS, P.G. & LAUGENI, F.P. *Administração da Produção.* 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MONDEN, Y. *Sistema Toyota de Produção.* IMAM, São Paulo, 1984.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.* Porto Alegre: A. Médicas, 1997.

PEIXOTO, Y.M. & TRABASSO, L.G. *Otimização de processo via simulação - engenharia de interiores e placares.* In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., *Anais...* São Carlos, 2010.

PETTERSEN, J. *Defining lean production: some conceptual and practical issues.* The TQM Journal, v. 21, n. 2, p. 127-142, 2009.

ROTHER, M. & SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar. Mapeando fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.* São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SAHOO, K.A.; SINGH, N.K.; SHANKAR, R. & TIWARI, M.K. *Lean philosophy: implementation in a forging company.* International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 36, n. 5/6, p. 451-462, 2008.

SHAH, R. & WARD P.T. *Defining and developing measures of lean production.* Journal of Operations Management, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. *Administração da Produção.* 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, D.F. *Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática.* Atlas: São Paulo, 2007.

VINODH, S. & CHINTHA, S.K. *Leanness assessment using multi-grade fuzzy approach.* International Journal of Production Research, v. 49, n. 2, p. 431-445, 2011.

WOMACK, J.P. & JONES, D.T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas.* 6.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.* 4.ed. São Paulo: Bookman, 2010.

SANVIDO, V. E. *An integrated building process model.* Disponível em: <http://www.engr.psu.edu/ae/cic/publications/TechReports/TR_001_Sanvido_1990_IBPM.pdf>. Acesso em: 24 out. 2011.