

IMPLANTAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO PUXADA EM UMA TREFILARIA DE TUBOS SEM COSTURA*

Thiago Pereira Rocha¹
Thiago Felipe Sousa²

Resumo

A lógica de programação puxada foi criada por Taiichi Ohno, na década de 60 na Toyota no Japão, com base em um sistema de atendimento ao cliente e reposição de estoques. Esta metodologia tem sido desde então amplamente estudada e implantada em empresas em todo o mundo com o propósito de buscar níveis crescentes de produtividade e qualidade através da simplificação dos processos, padronização e redução dos desperdícios, não necessariamente vinculados à modernização das tecnologias de processo e/ou inserção de pessoas no sistema produtivo. Este artigo tem o objetivo de apresentar a aplicação de uma metodologia de implantação do sistema puxado de produção em um processo de produção de uma usina produtora de tubos de aço sem costura trefilados.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta, Produção Puxada, Trefilaria de Tubos com costura, Estudo de Caso

PULL FLOW PRODUCTION SYSTEM IMPLEMENTATION IN A SEAMLESS COLD DRAW TUBES PLANT

Abstract

The Pull Flow System logic was created by Taiichi Ohno in the 60s at Toyota in Japan, based on customer service system and stocks replenishment. Since then, this methodology has been widely studied and deployed in companies around the world with the purpose of increasing productivity and quality levels through processes simplification, standardization and loss reduction. This article aims to analyze the process of implementing a pull flow system in a complex production process of cold drawn plant. It is discussed the implementation steps, the product flow design and the results regarding customer satisfaction level and work in process stock level.

Keywords: Lean Manufacturing, Pull Flow System, Seamless cold drawn plant, Case Study

¹ Engenheiro de Produção pela UFOP, Especialista em Logística Empresarial pela UFOP, Mestre em Engenharia de Produção pela UFMG, Gerente de Planejamento e Logística, Vallourec Soluções Tubulares do Brasil, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Engenheiro de Produção pela Faculdade Pitágoras, Graduação em Sistemas de Informação pela Faculdade PUC MG, Engenheiro II, Vallourec Soluções Tubulares do Brasil, Belo Horizonte, MG, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da concorrência, nos últimos tempos, as industriais alcançaram notáveis ganhos em produtividade e qualidade, mas mesmo assim, devem manter-se esforçadas de melhoria contínua para se manterem competitivas no mercado e garantirem a sua sustentabilidade. Para sustentar estes esforços as empresas têm adotado diferentes estratégias ao longo dos anos (VOLLMANN et al, 2006).

Os princípios de “*Lean Manufacturing*” ou “produção enxuta” ou “sistema de *pullflow*” ganharam bastante notoriedade na década de 1980 com a divulgação dos resultados de um projeto de pesquisa conduzido pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) que estudou as práticas gerenciais e os programas de melhorias adotados por empresas líderes de mercado na cadeia de produção automotiva e constatou que a adoção destes princípios em muito contribuiu para reforçar a competitividade (WOMACK; JONES; ROOS, 2001).

Segundo SILVA, MIYAKE, BATOCCHIO & AGOSTINHO (2011), “a motivação central da metodologia *Lean Manufacturing* é buscar a redução do tempo entre o pedido do cliente e a entrega por meio da eliminação de desperdícios.” Neste sentido é importante identificar, desde a perspectiva do cliente, o que agrega e o que não agrega valor. A partir daí, é importante interligar as etapas necessárias à produção de bens no fluxo do valor, de tal modo que este avance sem interrupções, desvios, retornos, esperas ou refugos; e a operação deste fluxo seja puxada pela demanda do cliente.

Os sete grandes desperdícios identificados nesses trabalhos e que devem ser combatidos e estudados nas empresas são:

- Superprodução;
- Espera;
- Transporte desnecessário;
- Processamento excessivo;
- Inventário;
- Movimento desnecessário;
- Defeitos.

A produção puxada é um sistema de produção em que cada etapa do processo só deve produzir um bem ou serviço quando um processo posterior ou cliente final, o solicite (TUBINO, 2007). Essa solicitação se dá através do consumo de um estoque controlado de peças, chamado de supermercado, localizado entre os processos. Um supermercado caracteriza-se como um estoque controlado que é dimensionado de tal modo que o processo cliente sempre encontre peças dos modelos e nas quantidades necessárias para cumprir seu programa de entregas ou para repor seu supermercado. O processo fornecedor precisa repor o supermercado antes que os níveis mínimos de peças definidos sejam atingidos.

De acordo com os conceitos do VMS (*Vallourec Management System*, Apostila VMS, 2012), o sistema de gerenciamento deve prezar o “Princípio do Justo Necessário”. Com isso deve maximizar constantemente o valor para o cliente e minimizar sustentavelmente os recursos alocados pela empresa. O cliente só está disposto a

pagar o que, segundo ele, tiver valor. Na maioria dos processos, os não-valores agregados representam até 90% do *lead time*. Outro princípio importante dentro do sistema VMS é o “Princípio de Ética” onde faz necessária a construção social do que é chamada “pirâmide invertida” entre trabalhadores e gestores. Nessa visão, as demandas de melhoria e transformação partem dos trabalhadores para a gestão e a qualidade de todas as contribuições individuais garante o resultado global através dos conceitos de Rigor Operacional, Exemplaridade, Nível de exigência e Espírito de análise e solução de problemas (DMAICS).

Com o objetivo de aumentar a competitividade e sustentabilidade do segmento que atende o mercado automotivo foi proposto pela diretoria da empresa em 2015 a implantação do sistema de *pullflow* na linha de produtos trefilados. O objetivo deste trabalho é apresentar as principais etapas e resultados alcançados no desenvolvimento e implantação de um sistema puxado de produção.

2 DESENVOLVIMENTO

O estudo de caso relatado neste artigo acontece em uma trefilaria de tubos de aço sem costura que produz tubos trefilados de alta precisão para os segmentos de mercado automotivos, cilíndricos hidráulicos e rolamentos, principalmente. As características principais destes produtos como Grau de Aço, Temperatura e tempo de tratamento térmico e Diâmetro externo podem ser encontradas na tabela 1.

SEGMENTOS	AUTOMOTIVOS	CILINDROS HIDRAULICOS	ROLAMENTOS
Grau do Aço	E355, P460N, 8617H	1026, ST52	Cromo, 100Cr6
Temperatura/ Tempo de Tratamento	Grupo A	Grupo B e Grupo C	Grupo D
Diametros	20 mm a 90 mm	32 mm a 270 mm	15 mm a 123 mm

Tabela 1- Características principais dos produtos produzidos.

As etapas do processo produtivo da trefilaria pode ser demonstradas através do fluxo apresentado na Figura 1.

O processo típico produção de tubos trefilados se inicia numa etapa de apontamento onde são conformadas as pontas dos tubos de acordo com as forças de tração e capacidade e características das bancas de trefila disponíveis. Em seguida a esta etapa os tubos são transportados para a área de preparação química onde passam pelas etapas de decapagem, fosfatização, lubrificação e secagem. Em seguida seguem para as etapas de trefila, tratamento térmico e desempenho. Em função das especificações técnicas do produto, os materiais podem após o desempenho sofrer novas etapas de apontamento, preparação química, trefila, tratamento térmico e desempenho gerando um refluxo planejado de materiais em toda a linha. Após última etapa de desempenho os materiais seguem para etapa de inspeção em ensaio não destrutivo (do tipo ultra som, partículas magnéticas e similares), serra, inspeção visual e dimensional, fagulha, embalagem e oleamento e transporte.

Fluxograma - Trefilaria

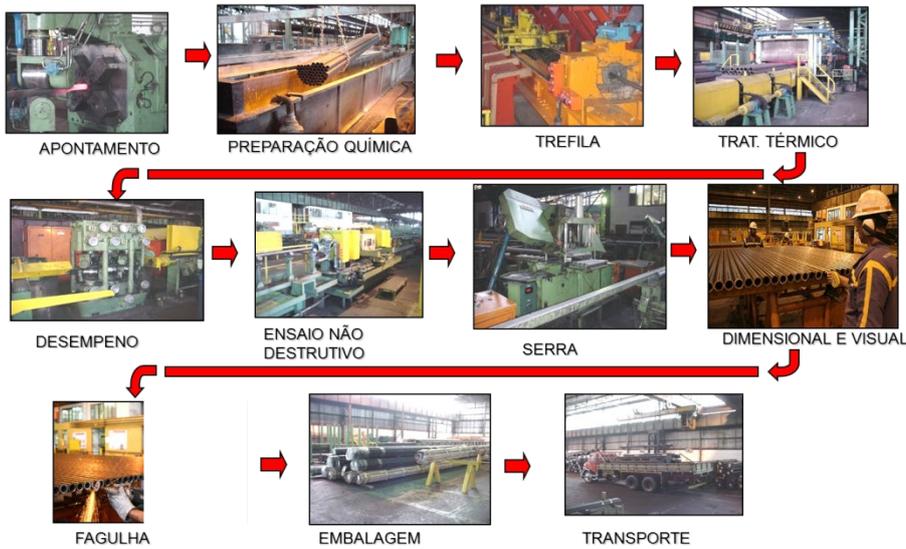


Figura 1 - Fluxo Simplificado de produção de tubos trefilados

Ao todo existem 5 fluxos de produção diferentes. As etapas de produção acontecem em cada um dos fluxos de produção de produtos sendo as etapas de apontamento, preparação química e transporte comum para todas as linhas. Como pode ser verificado pela na Figura 2 são basicamente 9 galpões diferentes para a execução da produção sendo os galpões 1, 2 e 9 os galpões comuns a todos os fluxos e os galpões 3, 4, 5, 6, 7 e 8 galpões dedicados a linhas de produtos diferentes. O Galpão 3 trata basicamente da produção de circuitos hidráulicos. O Galpão 4 de produtos para o segmento de Energia e Trocadores de Calor. O galpão 5 produz uma variedade de produtos destinados principalmente para o segmento automotivo e os galpões 6, 7 e 8 produzem basicamente produtos destinados à indústria de rolamentos, cilindro hidráulicos e indústria metal mecânica em geral.

A implantação do projeto de *PullFlow* em toda a linha de estende-se até o final do ano 2018 sendo que as etapas apresentadas nesse trabalho correspondem à implantação nos galpões 1, 2, 5, 6, 7, 8 e 9.



Figura 2 – Layout da planta de Trefila de tubos

2.1 - Etapas da construção do sistema puxado

Para construção do modelo de produção puxado na trefilaria, seguindo as orientações teóricas e propostas pelo sistema VMS (Apostila VMS, 2012) da empresa, o trabalho foi dividido, basicamente, em 5 etapas (Figura 3) sendo cada uma destas etapas trabalhadas em grupos de melhoria contínua onde foram envolvidas pessoas de diferentes áreas (logística, planejamento, produção, qualidade, etc) e com conhecimentos específicos para a análise e solução de problemas utilizando metodologias próprias.

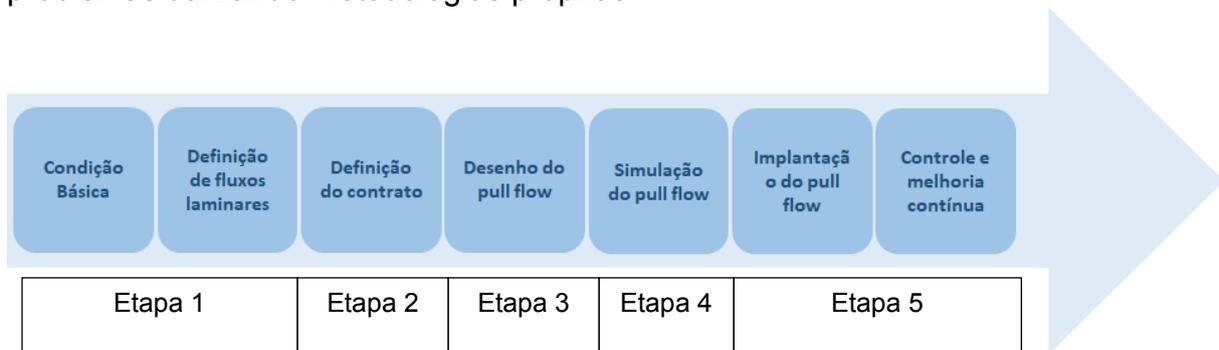


Figura 3 – Etapas para construção do modelo de produção puxado

1ª Etapa: Condição Básica e Definição de Fluxos Laminares

Nessa primeira etapa são definidas as condições básicas para implantação do sistema de *pullflow*. A etapa de condições básicas é composta das seguintes partes:

- 1) Condições Iniciais: i) Gerência treinada e envolvida na metodologia utilizada; ii) Alta gestão alinhada com o projeto e sua importância; iii) diagnóstico das linhas baseado em fluxo de valor levando em conta a voz do cliente;
- 2) Estabilidade básica: i) Estrutura de gestão implantada na linha e atuando utilizando ferramentas de análise e solução de problemas; ii) Existência de indicadores que medem a ineficiência da área; iii) Existência de trabalhos para melhorar a estabilidade da linha eliminando e/ou reduzindo as fontes de variabilidade; iv) Os postos de trabalho onde o *pullflow* será implementado possuem os ciclos da tarefa padronizados através de instruções claras e visuais; v) Os níveis de *wip* (*work in process*) entre equipamentos representam a variabilidade dos processos.
- 3) Governança: Há um plano de ação definido e um comitê diretivo para acompanhamento do projeto.

Na etapa de condição básica foram definidos grupos de trabalho, grupos de melhoria contínua e ações isoladas para os diversos problemas identificados durante a fase de diagnóstico de implantação.

Outra tarefa nessa primeira etapa consistiu na definição dos fluxos laminares e definição de famílias de produtos. Os fluxos laminares são fluxos de produção com o mínimo de interrupção possível de modo a se obter um fluxo contínuo de produção. Um grupo específico teve como foco analisar os diversos materiais que são produzidos na planta e agrupar em famílias de produtos com relação a complexidade de produção para facilitar a programação da produção. Foram encontrados 1.136 produtos diferentes o que dificultava muito a programação da produção. Com base na complexidade de cada produto foi realizado um agrupamento onde foi definido 11 famílias de produtos que representa 88% da

produção. A figura 4 apresenta a curva ABC para a definição das famílias principais de produtos.

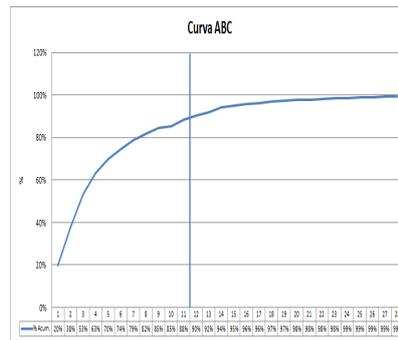


Figura 4 – Curva ABC para definição de famílias de produtos

Estes fluxos foram considerados os fluxos principais de produção, sendo os mesmos tratados nas etapas de desenho, simulação e implantação do *pullflow*. Os demais fluxos foram inseridos nas etapas de simulação da produção como variabilidades de fluxo e avaliados seus impactos no desenho.

2ª Etapa: Definição de um Contrato de Produção

A performance industrial e por consequência a redução dos custos está diretamente ligada à aplicação de um fluxo de produção regular de produção. O conceito de contrato permite: i) Responder às necessidades do mercado em termos de Qualidade, Custo, Prazo; ii) Proteger o sistema industrial das variações do mercado. O contrato se expressa por um conjunto de produtos para fabricar de maneira regular, em uma linha de nivelamento dada e ele determina a capacidade de produção necessária.

O contrato deve definir a necessidade comercial para cada linha de fluxo levando-se em conta: i) as restrições industriais de capacidade em toda a cadeia de abastecimento; ii) a organização (horários de trabalho ou tempo de abertura, efetivos...); iii) os recursos; iv) Técnicos (capacidade dos meios); v) A montante (*upstream*) (capacidade dos fornecedores); vi) as previsões de venda; vii) as evoluções do estoque comercial.

Um grupo de melhoria contínua foi montado para elaboração deste contrato envolvendo as partes de apoio, produção e planejamento/vendas com o objetivo de garantir que a responsabilidade de cada um seja conhecida e garantida durante as etapas de gestão da produção. O contrato determina os volumes a serem produzidos e a capacidade industrial a ser aplicada, permitindo sincronizar os diferentes processos da cadeia de suprimentos no ritmo da demanda do cliente. O “*tempo Takt*” definido no contrato é o ritmo da sincronização da linha de produção de acordo com a demanda do cliente.

3ª Etapa: Desenho do PullFlow

Esta etapa foi desenvolvida também por um grupo de melhoria contínua que trabalhou na definição de quatro itens principais:

- i) Perímetro de implantação: para esta definição foi utilizado a ferramenta Mapa de Fluxo de Valor que continha todas as informações necessárias para análise. Nesta etapa também é definido o nível de estoque necessário para cada recurso;

trabalho. O padrão de trabalho da caixa de nivelamento prevê que, salvo exceções, a programação destes dois dias de produção não pode ser alterada garantindo previsibilidade e estabilidade para as equipes de produção evitando mudanças drásticas ou repentinas na produção.



Figura 6 – Imagem da Caixa de Nivelamento implantada no estudo de caso

O desenho da sequência do Forno, definido como processo puxador, consistiu na programação do Forno de acordo com as temperaturas de tratamento térmico definidas. Dentre os produtos a serem produzidos, o forno possui 5 tipos de temperaturas diferentes e com o objetivo de atendimento ao cliente e otimização do recurso foi definido 3 ciclos de cada temperatura por semana, isto para ser produzido o maior número de produtos deferentes todos os dias.

4ª Etapa: Simulação do *PullFlow*

Este grupo de melhoria contínua realizou uma simulação da produção com as famílias de produtos criados no grupo de definição de famílias, ritmos e restrições estabelecidas em contratos e as ferramentas de caixa logística, caixa de nivelamento e sequencia de forno. Esta simulação teve o objetivo de verificar o funcionamento do *PullFlow* na produção e os impactos que pode gerar (estoques, quebras, paradas), bem como garantir o volume produção mensal. A simulação foi realizada utilizando legos para representar os estoques de tubos e as famílias no fluxo de produção desenhado em um papel A3. Foram estabelecidos também critérios de gestão do tempo e apuração da produção para conduzir estas simulações.

5ª Etapa: Implantação do *PullFlow*

O último grupo deste trabalho teve a tarefa de consolidar o plano de ação que foi gerado em cada um dos grupos anteriores e garantir a implementação e padronização de todas as ações propostas e consideradas fundamentais para a garantia do funcionamento do sistema. Nesse período foram definidas também as alterações físicas necessárias para implantação, rearranjo de *layout de estocagem*, formação de estoque e a operação assistida durante uma semana. É importante reforçar que estas fases foram construídas sem investimento em tecnologia e/ou contratação de pessoal.

2.2 – Desenho proposto parapullflow galpão D, E e F

O processo de planejamento se inicia na programação do forno que é feita por meio de campanhas de temperatura, que são sequenciadas no início do mês dividido por semanas. Assim, os produtos são divididos em famílias, de acordo com a temperatura de tratamento e os ciclos definidos. Para o sequenciamento são priorizados de acordo com a data de entrega e seu tempo de processamento sendo considerados também nessa priorização os pedidos considerados críticos pela área comercial.

Após este processo de alocação e formação de campanhas, são gerados cartões Kanban, por meio de etiquetas, nas quais contém informações sobre as características do lote, como quantidade a ser produzida, temperatura de tratamento, ordem de produção, entre outros. O programador de produção gera os cartões de toda a programação de tratamento do dia seguinte, alocando-os em caixas, as quais contêm sempre orientações a serem seguidas das próximas 4 horas do recurso puxador. São considerados os tempos de tratamento térmico e também os tempos de *set up* nas caixas desse recurso. Finalizado o processo de emissão dos cartões, as caixas são levadas para a caixa de nivelamento, fixada na área de produção, que possuem a sequência e a visão de tratamento para os próximos dois dias de produção.

O programador da linha preenche com as caixas a sequência do dia seguinte; as caixas do dia atual foram colocadas no dia anterior. Nos horários pré-estabelecidos, que são sempre com um intervalo de 4 horas, um funcionário denominado de “*spider*” (Único operador autorizado e responsável por levar as caixas com as informações dos materiais ao trilho do forno nos horários estabelecidos) leva a caixa com os cartões para o trilho próximo ao forno, o qual é de controle do operador do forno. Este operador deve seguir o procedimento estabelecido e realizar o tratamento térmico dos materiais descritos nas caixas com as etiquetas, atentando-se à temperatura, quantidade e tempo de tratamento. Também deve realizar o *set-up* quando orientado por meio da caixa. É preciso ressaltar que, em caso de um *set-up* ser feito em um tempo inferior ao estipulado pela caixa, em hipótese nenhuma o operador do forno pode iniciar o tratamento de materiais que não estão nas caixas próximas a ele. Nesse caso, ele deve esperar a hora que o *spider* levará a caixa subsequente. Se porventura houver algum imprevisto que interfira no processo e não permita que estes materiais sejam tratados termicamente, como manutenção não planejada do forno e problemas com a matéria prima, a caixa contendo os respectivos cartões Kanban é colocada em uma área de anomalia para ser reprogramada na próxima campanha de tratamento.

Os materiais que ainda estão aguardando tratamento térmico são estocados nos boxes, e são separados de acordo com a temperatura de tratamento. Os cartões cujos materiais foram processados conforme planejado, são levados pelo *spider* para outro galpão de produção, denominado Galpão de Apontamento, onde os materiais da trefilaria sofrem um processo chamado “apontamento”. O apontamento é o primeiro processo que todos os materiais da trefilaria sofrem e tem a finalidade de repor o estoque do forno. Estes materiais são exatamente os descritos nos cartões, e deste modo, inicia-se o ciclo novamente caracterizando um sistema puxado de produção.

A figura 7 demonstra as etapas do modelo de *pullflow* implementado.

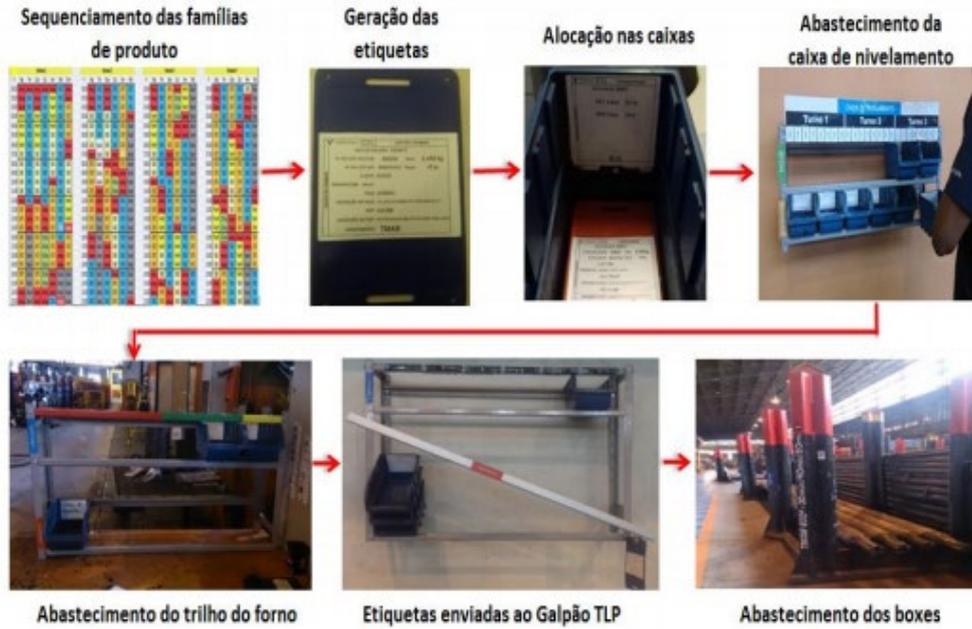


Figura 7 – Esquema de etapas do modelo de *pullflow* implementado

A Figura 8 apresenta o fluxo macro que foi desenhado no modelo do *pullflow* desde a visão do cliente, o tratamento das informações, os esquemas de caixa logística, caixa de nivelamento, trilho do processo puxador “forno” bem como pontos de armazenagem do tipo “supermercado”, transporte via ponte rolante, transporte via carreta, estações de processamento e ponto onde a produção segue armazenagem e sequencia de produção utilizando a regra de box FIFO (“*first in, first out*”) até entrega e despacho do material para o cliente.

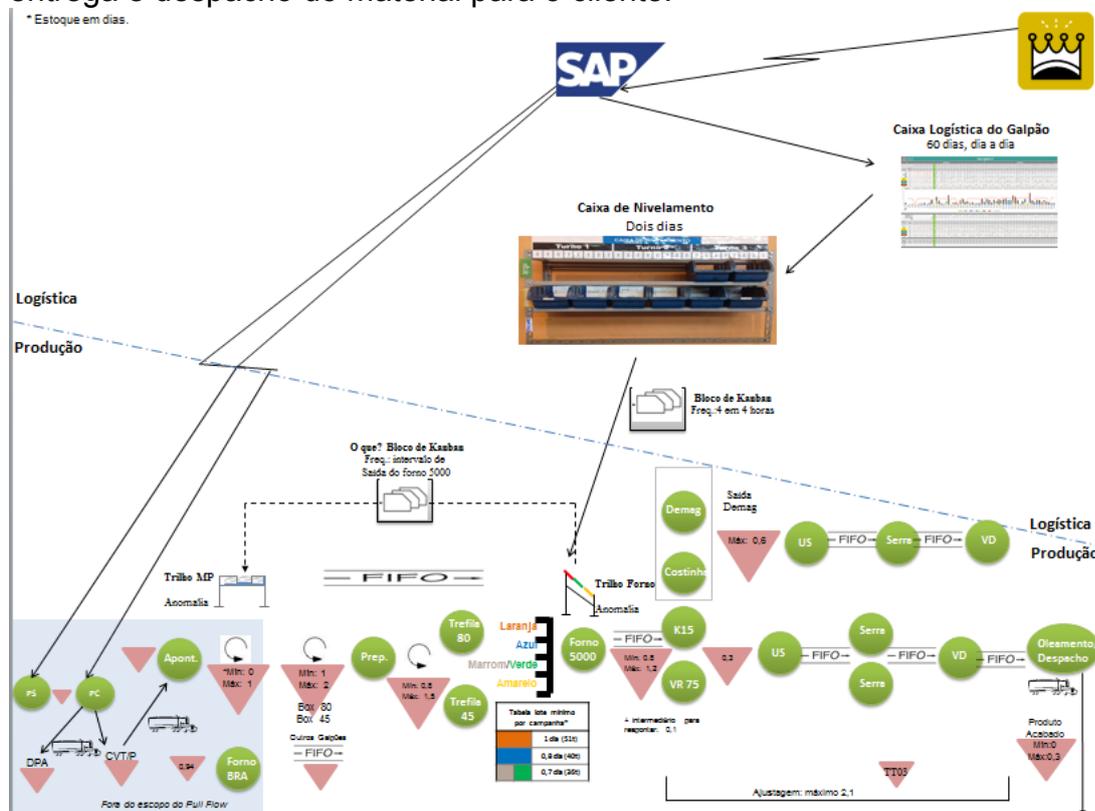


Figura 8 – Macro fluxo do *PullFlow*

2.3 – Resultados do trabalho

A aplicação do sistema *pullflow* na empresa estudada a partir do ano de 2015 gerou resultados visíveis na organização da fábrica e na simplificação dos processos de planejamento e programação da produção. Os funcionários, de uma forma geral, mostraram-se motivados com as melhorias obtidas através dos conceitos da manufatura enxuta e com a simplificação do fluxo e acompanhamento de materiais ao longo da fábrica.

O estoque em processo (*wip, work in process*), que antes ocupavam espaços físicos importantes no chão de fábrica além do capital empregado envolvido, foram reduzidos consideravelmente como pode ser visto no gráfico apresentado na figura 9. Tomando-se como referência o nível de estoque em 2013, o nível de estoque hoje praticado para o mesmo volume produção, representa 60% do que era antes o que mostra uma redução de 40%.

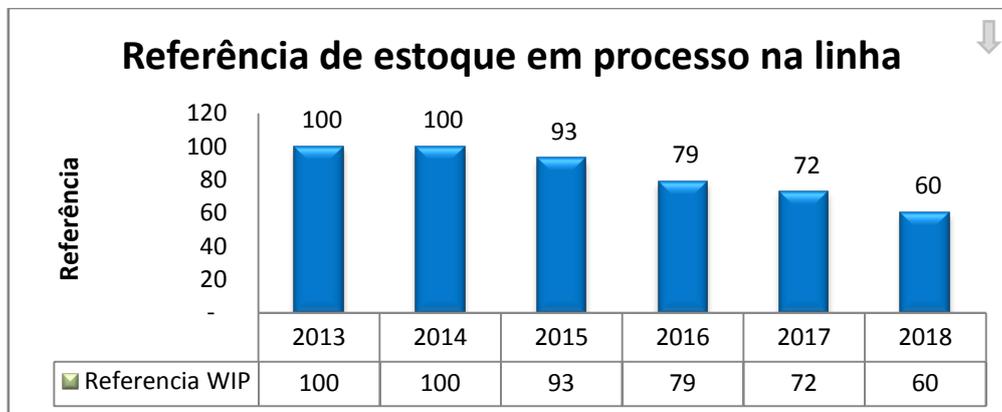
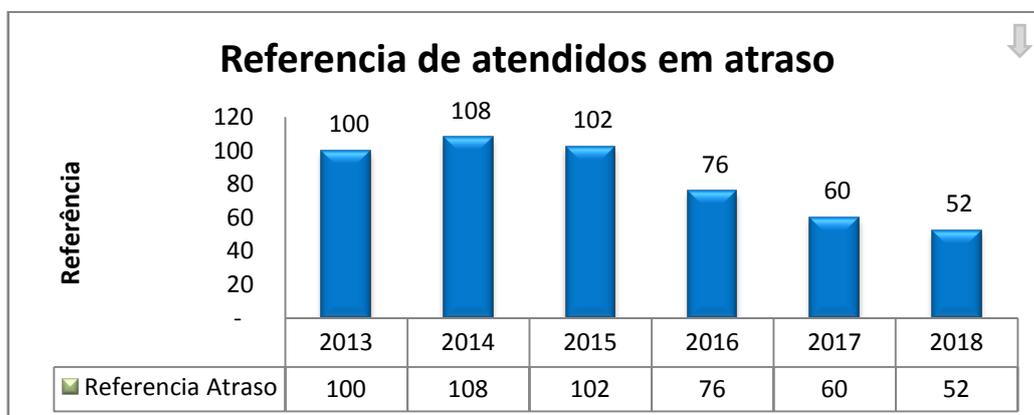


Figura 9 – Impactos do PullFlow no estoque em processo (WIP)

A redução do estoque em processo representou também uma redução no lead time de produção permitindo à empresa melhorar seus níveis de giro de estoque, atendimento e satisfação dos clientes. O gráfico apresentado na Figura 10 mostra uma referência com relação ao número de itens atendidos com atraso. Houve uma redução de quase metade nos itens atendidos em atraso pela empresa desde 2015.



3CONCLUSÃO

Uma das principais conclusões obtidas nesse trabalho foi que a produção enxuta ou sistema *pullflow* de produção pode trazer resultados significativos para a empresa através da redução de fontes de desperdício em um fluxo de valor. No estudo de caso observado, foi possível reduzir em 40% o nível de estoque em processo e em 48% a quantidade de itens atendidos em atraso. Até a finalização do processo de implementação do *pullflow* em todas as linhas de produção espera-se uma redução de 60% nos níveis de estoque e 80% de redução nos níveis de atraso.

Além disso, esse modelo simplificou os processos de planejamento e programação da produção, os processos de execução e acompanhamento da produção garantindo uma maior estabilidade ao processo produtivo (mínimo de 2 dias) garantidos através da caixa de nivelamento e caixa logística. Outros resultados também são observados nesse trabalho, porém, de difícil mensuração direta em função do trabalho, como: segurança no trabalho, qualidade dos produtos, organização e 5S, custos, etc.

Um ponto de destaque para o trabalho é os trabalhos realizados não envolveram a contratação de mão de obra nem investimentos de grande porte. Os resultados foram obtidos através da atuação de grupos de trabalho focados na aplicação de conceitos do sistema enxuto de produção envolvendo as equipes de produção, planejamento, qualidade, manutenção e performance já existentes.

Entretanto, há de se reconhecer que a construção de um processo de *pullflow* não se constitui na aplicação de um modelo ou simplesmente a aplicação de uma fórmula de sucesso em qualquer contexto. O processo de implantação de um modelo envolve o entendimento em profundidade dos modelos de *pullflow* e do processo produtivo que será implantado. Este processo passa pelas etapas levantadas ao longo do trabalho onde é fundamental a redução de variabilidades de processo e a padronização dos processos. Além disso, é importante a dedicação e priorização de um grupo de pessoas para o projeto durante sua implantação bem como apoio e orientação da alta direção.

REFERÊNCIAS

- 1 Apostila do sistema VMS de Produção (2012) – Arquivo interno da empresa
- 2 Barreto, Andre Renato. (2012) SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: LEAN MANUFACTURING IMPLANTAÇÃO E APLICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE PEÇAS AUTOMOTIVAS, Téchne e Lógos, Botucatu, SP, v.3, n.2, Julho. 2012.
- 3 SILVA, I. B.; MIYAKE, D. I.; BATOCCHIO A.; AGOSTINHO, O.L. (2011) Integrando a promoção das metodologias Lean Manufacturing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças Gest. Prod., São Carlos, v. 18, n. 4, p. 687-704, 2011
- 4 WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A Máquina Que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- 5 TUBINO, D. F. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.
- 6 VOLLMANN, T. E. et al. Sistemas de planejamento e controle da produção: para o gerenciamento da cadeia de suprimentos. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- 7 Apostilas APICS : curso CPIM, CIRM, CFPIM. 2006.

- 8 CORRÊA, H. L. ; GIANESI, I. G. N. Just -in- time, MRP II e OPT – Um enfoque estratégico. São Paulo: Atlas. 1993.
- 9 CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- 10 GOLDRATT, E. A meta. São Paulo: Educator Editora, 1993.
- 11 TUBINO, D. F. Manual de planejamento e controle da produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000.