

Mapeamento do Fluxo de Valor no processo de usinagem de cilindros de laminação - um Estudo de Caso

Carlos Alberto Chaves
cachaves@id.uff.br
UFF

Marcelle Paraiso
marcellealves@id.uff.br
UFF

Resumo: O presente trabalho trata de um Estudo de Caso realizado na Oficina de Cilindros de laminação a quente de tiras de aço em uma siderúrgica de grande porte. O objetivo é demonstrar o Mapeamento do Fluxo de Valor no processo e apresentar uma proposta de estado futuro de fluxo com a eliminação de desperdícios. O trabalho foi realizado com base em dados levantados em campo, através de medições e levantamento de dados históricos. A abordagem teórica visou demonstrar que através da aplicação dos conceitos da Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) é possível simplificar o processo produtivo, melhorando a qualidade e produtividade resultando em significativos benefícios econômicos no Setor de Serviços de uma empresa siderúrgica de grande porte.

Palavras Chave: Cilindros Laminação - Gestão de Processo - Fluxo de Valor - Manufatura Enxuta

-

1. INTRODUÇÃO

A Oficina de Cilindros de Laminação é o setor responsável pela preparação dos cilindros que são utilizados nas cadeiras de laminação de um laminador. O condicionamento de cilindros (usinagem) envolve a adequação do perfil (coroamento mecânico), da rugosidade e da qualidade superficial de forma a eliminar possíveis defeitos originados durante o processo de laminação (RIZZO, 2007). O processo da Oficina de Cilindros da Usina Siderúrgica em estudo compreende as atividades de desmontagem (retirada do mancal do cilindro), resfriamento, retificação, inspeção e montagem.

A cada troca de produção do laminador é necessária a troca do conjunto de cilindros de trabalho, os quais mantêm contato direto com o material a ser laminado, sendo um dos principais responsáveis pela sua forma e acabamento superficial (RIZZO, 2007).

Todas as operações de um processo produtivo devem manter seus custos tão baixos quanto possível, mantendo os níveis de qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade demandados por seus clientes (SLACK ET AL., 2009), de forma a maximizar sua lucratividade e competitividade no mercado. Um dos desafios enfrentados pelas indústrias é como melhorar a qualidade de seus produtos e serviços, como reduzir seus custos, seus estoques intermediários, tempos de processamento de encomendas (*lead time*) e como utilizar de forma eficiente seus recursos (CHUKUKERE ET AL., 2014).

Russell e Taylor (1999) definem *Lean* como um método sistemático para reduzir a complexidade de um processo e torná-lo mais eficiente através da identificação de fontes de desperdícios que dificultam o fluxo do processo. Os autores afirmam que existem cinco etapas para alcançar a melhoria do processo: 1) determinar o que cria valor para os clientes; 2) identificar a sequência de atividades no processo que criam valor (Fluxo de Valor); 3) identificar e eliminar os desperdícios através de melhorias no processo; 4) realizar as atividades do processo com foco nas necessidades dos clientes; e, finalmente, 5) continuar buscando formas de eliminar desperdícios e melhorar o fluxo do processo, ou seja, buscar constantemente a perfeição.

A literatura possui uma gama de artigos acerca de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), mas poucos voltados para o Setor de Serviços. Segundo Gupta e Sunder (2016) o primeiro artigo publicado em inglês sobre serviços *Lean* foi em 1998 e até junho de 2014, encontravam-se 122 publicações sobre o tema. Além disso 50% das publicações ocorreram nos Estados Unidos da América (EUA) e Reino Unido (GB). Apenas 11% das publicações ocorreram em países em desenvolvimento, sendo que na América do Sul houve apenas uma publicação sobre o tema até 2014.

Nos últimos 10 anos, ao pesquisar na base Scopus as palavras-chave *value, stream, mapping, service*, obtém-se 205 documentos publicados, constando o Brasil com 16 documentos, conforme se pode observar na Figura 1, demonstrando que o conceito está sendo aplicado ao redor do mundo, no entanto ainda é pouco aplicado no Brasil.

Atribui-se uma grande importância a esta ferramenta, pois segundo Rother e Shook (2012) mapear o fluxo de valor ajuda a identificar não somente os desperdícios, mas também as suas fontes. Segundo Singh et al. (2011), o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* ou VSM) é uma alternativa promissora para alcançar de forma efetiva um empreendimento enxuto, tendo sido a maneira preferida pelas empresas para planejar e implementar as mudanças requeridas. Através da identificação e remoção dos desperdícios, a implantação dos princípios *Lean*, além de melhorar a performance e reduzir os custos, também melhora a satisfação dos clientes e aumenta a rentabilidade (BONACCORSI ET AL., 2011).

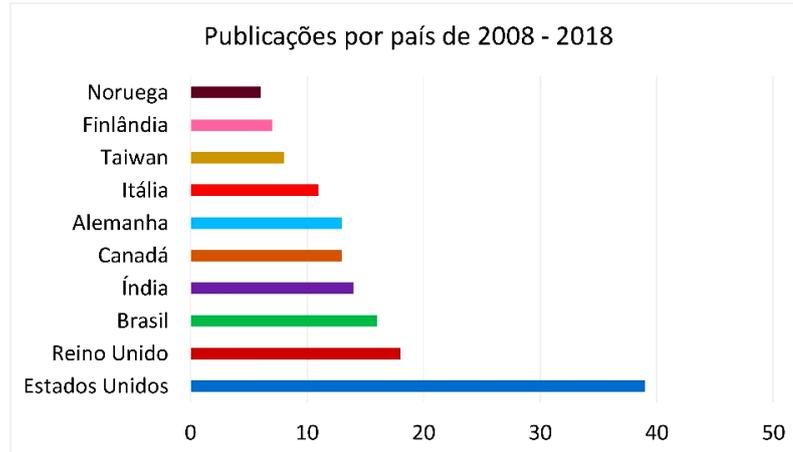


Figura 1 - Publicações sobre Mapeamento de Fluxo de Valor em serviço (quantidade)

Fonte: Adaptado de Scopus, 2018.

Este trabalho apresenta o mapa do fluxo de valor atual de uma Oficina de Reparação de Cilindros de laminação a quente de uma Usina Siderúrgica de grande porte e delinea um mapa para o estado futuro com diminuição de desperdícios para a melhoria da Qualidade e Produtividade no Setor.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Mapeamento e Análise de processo

O objetivo principal de qualquer empresa privada é se manter e ampliar sua lucratividade. Nesse sentido, Abreu (2002) ressalta a importância da análise dos dados e fatos dos processos para um melhor entendimento do funcionamento da organização como base para tomada de decisão. Toda empresa é composta de múltiplos processos, onde cada um deve ser visto como uma unidade a ser otimizada (CAMPOS, 2009).

Diante do conceito de que processo é a transformação que ocorre entre uma entrada (*input* de recursos) e a saída (*output* de um produto ou serviço), analisar o processo requer observar cada etapa dessa transformação. Campos (2009) lembra que os recursos de entrada podem incluir materiais, pessoas, finanças, instalações, equipamentos, métodos e técnicas e que essa transformação deve agregar valor. Nesse sentido, para uma análise efetiva dos dados, o mapeamento do processo é utilizado como uma ferramenta de representação gráfica para demonstrar todas as fases e o fluxo do processo. Segundo a autora, os principais objetivos do mapeamento do processo são: Compreender mais claramente os processos; compreender a integração entre os processos; identificar os “gargalos” e as falhas de produção; identificar desperdícios; analisar a eficácia dos processos e fornecer dados para a modelagem dos processos.

O mapeamento de processo requer a observação e descrição de como se está trabalhando e, para isso, é necessário um profundo conhecimento das atividades que constituem os processos essenciais e de apoio de uma empresa (AZEVEDO 2016).

Em metodologias de melhoria de processo como o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), por exemplo, o mapeamento do processo está inserido na etapa do Medir, servindo de suporte para posterior análise do processo.

Campos (2009) apresenta as etapas para gerenciar processos com foco na melhoria de resultados, conforme exposto na Figura 2.

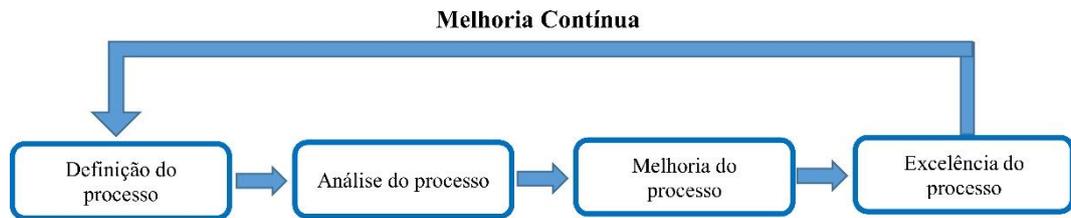


Figura 2 - Melhoria contínua na gestão de processos

Autor: Adaptado de Campos, 2019.

A Definição do Processo consiste na definição do plano de trabalho, bem como a equipe e o cronograma a ser executado; reconhecimento dos clientes e suas necessidades e expectativas, além do reconhecimento dos fornecedores; e finalmente, o mapeamento do processo, demonstrando todas as fases e o fluxo do processo (CAMPOS 2009).

A Análise do Processo consiste na utilização dos dados coletados para a avaliação e o desenvolvimento dos planos de Melhoria objetivando a Excelência do processo, ou seja, o mais alto grau de desempenho global do processo na sua efetividade, eficiência e adaptabilidade quando comparado aos seus concorrentes no mercado (CAMPOS 2009).

A filosofia de Manufatura Enxuta reconhece a melhoria dos processos como algo continuado. Após o alcance da Excelência do processo, haverá um “novo” gargalo, o qual deve ser identificado e melhorado, tornando assim o procedimento cíclico.

2.2 Valor sob a ótica do cliente

Valor pode ser considerado tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar, ou seja, todos os recursos e processos responsáveis pela transformação do produto e que será percebido por ele.

Em “Muda, Mura, Muri - Tipos Atividades Que Geram Desperdícios” (*Lean Institute Brasil*, 2019) são ressaltados os dois tipos de desperdícios identificados pela filosofia *Lean Manufacturing*: o tipo 1 que não agrega valor, mas é necessário, devendo ser minimizado (como atividades administrativas de uma empresa, por exemplo); e o tipo 2, que não agrega valor e é desnecessário, devendo, portanto, ser eliminado. Ohno (1975) apresenta os sete desperdícios do Sistema Toyota de Produção (STP) que devem ser eliminados:

- Superprodução (produção em excesso): Fazer além da quantidade necessária. De acordo com Toyota, este é o maior dos desperdícios, pois acarreta todos os outros;
- Estoque (Inventário): Material retido em estoque, implicando em desperdício de espaço e investimentos para manutenção;
- Transporte: Movimentação desnecessária de materiais e informações, dispendendo tempo e recursos;
- Espera: Pessoas aguardando ou espera de materiais para processamento;
- Processamento desnecessário: Etapas desnecessárias sob a ótica do cliente; atividades que não transformam o produto;
- Defeito: Produtos defeituosos, reclamação de cliente, retrabalho, devolução;
- Movimentação: Movimentação desnecessária ou lenta.

Mais tarde, foi incluído a essa lista o desperdício de conhecimento/ talento humano, ou seja, desperdiçar o potencial criativo humano e suas formas de manifestar seus conhecimentos e habilidades.

Rohac e Januska (2015) , assim como outros autores, chamam a atenção para o excesso de inventário, pois o mesmo torna difícil a identificação de diversos outros desperdícios e problemas no processo.

Nessa época, a noção de perdas estava associada basicamente às coisas materiais. Estudos posteriores sobre sistemas produtivos mostraram que as perdas também podem ser ocasionadas pela falta de visão sistêmica da produção, falta de padronização de métodos e mau gerenciamento de pessoas (ABREU 2002).

Campos (2009) enfatiza que toda tarefa deve ser reconhecida como parte de um processo somente se sua ação representar o acréscimo de valor ao produto ou serviço, modificando a situação de “entrada”. Caso contrário, significa desperdício de energia e aumento do custo final.

Conforme pode-se notar, todas as atividades de apoio não agregam valor para o cliente. Em uma usina siderúrgica o cliente final compra a bobina de aço. O processo de laminação para a produção dessa bobina agrega valor para o cliente, mas a usinagem do cilindro que será utilizado no laminador, não. Assim, os esforços de produção devem ser voltados para as atividades essenciais. As atividades de apoio e seus custos, aquelas que o cliente final não percebe, devem ser minimizadas.

Sob a ótica de que, em uma empresa, um processo posterior é cliente do processo anterior, a usinagem do cilindro é fornecedora do processo de laminação de tiras de aço. Nesse sentido, o mapeamento de valor deve ser feito e analisado levando em consideração as atividades que são essenciais para a entrega do cilindro reparado atendendo as características desejadas e necessárias para o seu cliente.

2.3 Mapeamento de valor

“Fluxo de Valor” em um fluxo de produção é toda ação necessária para levar um produto desde a matéria-prima até o consumidor (ROTHER E SHOOK, 2012). Mapeamento de valor é uma ferramenta de melhoria que objetiva auxiliar na visualização do processo produtivo, onde são representados os fluxos de materiais e informações de uma determinada família de produtos (SINGH ET AL., 2011) e ajudar na identificação de desperdícios existentes no sistema (LIKER, 2004).

Bonaccorsi et al. (2011) propõem uma nova forma e compreensão do conceito *Lean* através do que foi chamado de *Service Value Stream Management (SVSM)*, - Gerenciamento do Fluxo de Valor do Serviço. Os autores redefiniram o *Value Stream Management (VSM)* – Gerenciamento do Fluxo de Valor – especificamente nos seguintes pontos: 1) foram criados novos códigos para a elaboração do mapa; 2) a maioria dos conceitos *Lean* foram adaptados/ modificados; 3) conceitos como *takt time* e *pitch* foram redefinidos para uma forma mais adequada.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que ajuda a visualizar e entender o fluxo de materiais e de informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor através da combinação de conceitos e técnicas *Lean*, pois “na produção *Lean*, o fluxo de informações deve ser tratado com tanta importância quanto o fluxo de materiais” (ROTHER E SHOOK, 2012, 5). Singh et al. (2011) acrescenta ainda que uma etapa muito importante do processo de mapeamento de valor é documentar a relação entre o processo produtivo e os controles usados para gerenciar estes processos.

Para Rother e Shook (2012), mais importante que mapear o fluxo de valor, é implementar um fluxo que agregue valor. Ou seja, o objetivo deve ser reconfigurar o processo de forma a desenvolver um fluxo contínuo, livre de erros e interrupções (BONACCORSI ET AL. 2011). A Figura 3 representa as etapas iniciais do mapeamento do fluxo de valor.

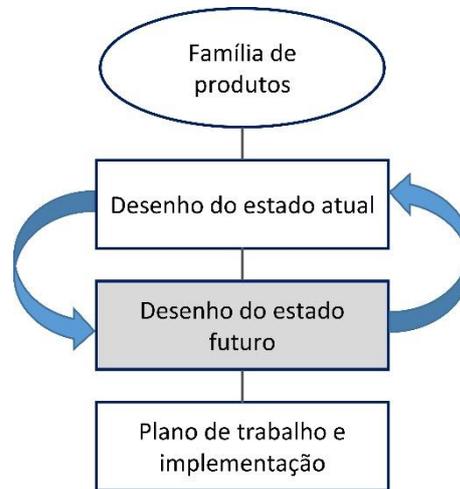


Figura 3 - Etapas Iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor

Fonte: Adaptado de Rother & Shook, 2012

As setas em duplo sentido entre os estados atual e futuro indicam que o desenvolvimento e os esforços de ambos estados são superpostos. As ideias sobre o estado futuro virão à tona enquanto é feito o mapeamento do estado atual e, da mesma forma, ao desenhar o estado futuro, geralmente observa-se informações importantes do estado atual que não haviam sido percebidas (ROTHER E SHOOK, 2012).

Após a elaboração do estado atual melhorado, ou seja, um estado futuro, o próximo passo é preparar um plano e realizar a implementação para chegar a este estado. Quando o estado futuro torna-se realidade, um novo mapa do estado futuro deve ser feito, de modo que se faça a melhoria contínua no nível do fluxo de valor (ROTHER E SHOOK, 2012).

2.4 Mapeamento do estado presente

O mapeamento do fluxo de valor realizado neste estudo se baseia nos conceitos adotados por Rother e Shook (2012), onde foca-se no fluxo de produção, desde a demanda do consumidor até a matéria-prima. Ou seja, no fluxo de produção “porta a porta” dentro de suas próprias instalações.

O primeiro passo do método é selecionar uma família de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos, bem como identificar sua demanda e a frequência de entregas.

O estado atual deve ser elaborado a partir de coleta de informações no chão de fábrica, com papel e lápis. Rother e Shook (2012) enfatizam a importância de o mapeamento ser realizado a mão e a lápis, pois, sendo assim, não haverá delegação desta tarefa, garantindo que o maior interessado entenda realmente os fluxos de materiais e informações. Chukukere et al. (2014), consideram que o tradicional método de mapeamento do fluxo de valor com papel e lápis é um ponto de partida para gerentes e engenheiros identificarem as atividades que agregam e as que não agregam valor, além da eficiência do fluxo do processo. Para a realização do mapa, faz-se uso de um conjunto de símbolos.

2.5 Criando um fluxo de valor enxuto

Um parâmetro importante para a criação do mapa do estado futuro pode ser a resposta para a pergunta que Rother e Shook (2012, 5) fazem: “Como podemos fluir a informação de modo que um processo seja acionado somente quando o processo seguinte solicitar?”, ou seja, produzir apenas o que o próximo processo necessita e quando necessita, buscando ligar todos os processos em um fluxo regular sem retornos e que gere o menor tempo de processamento (*lead time*), a mais alta qualidade e o menor custo.

Para a criação de um fluxo de valor enxuto, os referidos autores propõem sete procedimentos, mostrados na Figura 4, e explicitados a seguir.

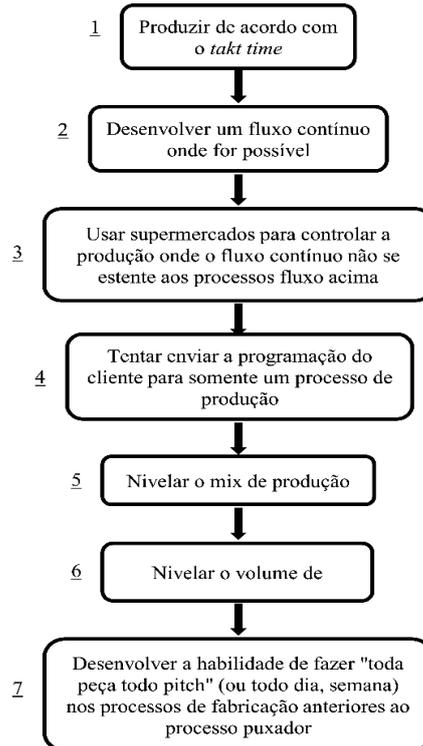


Figura 4 - Procedimentos para a criação de um fluxo de valor enxuto

Fonte: Baseado em Rother e Shook, 2012

Santos et. al. (2011) explicam *pitch* como sendo um contador de tempo adequado para a produção de peças que são entregues em lotes. Através da redução do tempo de troca e da produção de lotes menores, os processos tornam-se capazes de responderem com maior velocidade às mudanças posteriores. Além disso, diminuirão o estoque nos supermercados ROTHER E SHOOK (2012).

2.6 Criação do mapa do estado futuro

Tomando como guia os procedimentos descritos, o objetivo do mapa futuro é a construção de uma cadeia de produção onde os processos sejam articulados por meio de um fluxo contínuo ou puxado, se aproximando o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam (ROTHER E SHOOK, 2012). Os autores criaram oito questões-chave a serem feitas olhando o mapa atual para auxiliar no processo de construção do estado futuro:

- 1) Qual é o tempo takt?
- 2) A produção será para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?
- 3) Onde pode ser usado o fluxo contínuo?

- 4) Onde será necessário introduzir os sistemas puxados com armazéns?
- 5) Em que ponto único da cadeia de produção será programada a produção (ou seja, onde será o processo puxador?)
- 6) Como será nivelado o *mix* de produção no processo puxador?
- 7) Qual o tamanho do lote ou quantidade de peças deverão ser liberadas de forma uniforme do processo puxador?
- 8) Quais melhorias de processo serão necessárias para que o fluxo de valor flua conforme as especificações do projeto do estado futuro?

Para Liker (2004), uma forma de criar o mapa de um estado futuro é através da realização de eventos de melhorias com duração de uma semana onde os participantes desenvolvem uma visão enxuta do processo e iniciam as mudanças. É importante ressaltar que é indispensável a participação do “dono” do processo onde será implementada a melhoria e das pessoas que atuam na área. No entanto, os autores aconselham a participação de não mais de quinze pessoas, para tornar a reunião produtiva.

Liker (2004) definiu cinco etapas a serem realizadas antes das reuniões (ou oficinas) de melhoria:

- 1) Definir claramente um escopo para a reunião;
- 2) Estabelecer objetivos mensuráveis que devam ser alcançáveis, embora desafiadores para estimular o processo inovador. Além disso, é fundamental que estejam alinhados com os objetivos estratégicos da empresa;
- 3) Já ter criado, preliminarmente com um grupo de três ou quatro pessoas, um mapa do estado presente. Se algum dado necessário para o mapeamento não estiver disponível, o momento da reunião será fundamental para a coleta do mesmo;
- 4) Coletar documentos relevantes como por exemplo procedimentos do processo;
- 5) Colocar o mapa atual à visão de todos durante a reunião, de preferência em papéis tamanho A3 colados na parede onde as pessoas possam colar e alocar tarefas através de *post-its* permitindo anotações e modificações durante os eventos.

A aplicação de ferramentas da filosofia *Lean* precisa ser acompanhada de uma mudança cultural para que a mudança seja sustentável (GUPTA E SUNDE, 2016). Dessa forma, para implementar os conceitos *Lean* é fundamental que os funcionários participem do processo, pois são as pessoas que têm maior conhecimento sobre o que acontece em campo e, além disso, serão quem irá atuar no processo em seu estado melhorado (BONACCORSI ET AL., 2011).

Os autores acrescentam que fatores intangíveis como a rapidez, eficiência, boa vontade e cordialidade dos trabalhadores demonstram se o serviço está sendo executado negativamente ou positivamente e que, esse aspecto pode ser ainda mais importante que o serviço propriamente dito. Dessa forma, as pessoas são a chave para o sucesso do processo de melhoria, uma vez que *Lean* não é sobre cortar pessoal e recursos, mas ao contrário, é sobre direcionar os esforços da mão-de-obra para tarefas criativas, acelerando as operações para a progressiva eliminação de desperdícios e tempos ociosos. (BONACCORSI ET AL., 2011).

2.7 Softwares para mapeamento de processo

Existe um conjunto de tecnologias que auxiliam no gerenciamento dos processos de forma flexível, rápida e confiável, que acompanham as mudanças na área de TI e do ciclo dos processos das empresas (NETO E JUNIOR, 2008). Os autores explicam que o BPMN (*Business Process Modelling Notation*) foi criado para padronizar a linguagem de representação dos processos envolvendo atividades do ciclo de vida do processo através dos fluxos de atividades, pontos de decisão e, inclusive, eventos externos. Essa padronização

auxilia na comunicação entre processos de empresas distintas. Aguiar et. al. (2016) enfatizam que BPMN é a notação mais usada nos ambientes corporativos no mundo todo e incorporada aos principais *softwares* de gestão de processo.

Há diversos *softwares* disponíveis no mercado para este fim, com grande qualidade, suporte e automação, desenvolvidos por grandes empresas como IBM, Unisys, Oracle e SAP, porém com preços inacessíveis para pequenas e médias empresas (AGUIAR et. al., 2016).

O **BizAgi Process Modeler** é um *software* muito conhecido que utiliza a notação BPMN e, segundo Aguiar et. al. (2016), é um dos mais utilizados no mercado. Apesar de ser uma ferramenta paga, possui um módulo gratuito para modelagem do processo. No entanto, este *software* não possui recurso para criação do Mapeamento do Fluxo de Valor. A seguir apresentam-se algumas opções de *software* exclusivamente para este fim.

Outro *software* muito popular para mapear processos é o **MSVisio®**, aplicativo da Microsoft, disponibilizado nas versões *Standard* e *Professional*. A primeira é gratuita, a última, no entanto, oferece recursos automatizados para diagramas mais avançados, além da funcionalidade de integração com dados de outros aplicativos, que podem ser apresentados graficamente. É amplamente utilizado por grandes empresas como a TIM, por exemplo.

O **Lucidchart**, por sua vez, é disponibilizado na versão gratuita, para uso *online*, ou paga, com maiores recursos, permitindo importar e exportar diagramas para o Visio. É utilizado por empresas como Tesla, Netflix, Coca-Cola e Spotify e foi o *software* utilizado na elaboração dos mapas deste estudo.

Alguns autores combinam *softwares* de mapeamento de fluxos com simulação. Coppini et al. (2011) demonstram em seu estudo a sinergia existente entre as duas ferramentas. Shararah et. al. (2011), por sua vez, enfatizam que a simulação pode fortalecer as análises e a evolução do presente para o estado futuro.

1. Método utilizado neste estudo

A elaboração deste trabalho consistiu, primeiramente, em uma pesquisa bibliográfica sobre exemplos de aplicações do Mapeamento do Fluxo de Valor especialmente dentro de unidades fabris. Então, tomando como guia os fundamentos de Rother e Shook (2012), foi construído um mapa de fluxo de valor do estado atual da Oficina de Reparação de Cilindros de Laminação a Quente e, posteriormente, criado e proposto um mapa do estado futuro.

2. A criação do mapa de valor do estado presente

A família de produtos selecionada foram os cilindros de acabamento do Laminador de Tiras a Quente a qual consiste em sete pares distintos de cilindros, denominados de F1, F2, F3, F4, F5, F6 e F7. Esses sete pares juntos formam um ciclete, o qual deve ser entregue ao cliente.

Uma particularidade do processo é que os pares de cilindros não possuem sempre as mesmas características, podendo ter algumas variações conforme o produto a ser laminado. Isso quer dizer que, um ciclete entregue ao cliente poderá não ser exatamente igual ao próximo que deverá ser reparado pela oficina de cilindros. A principal diferença que ocorre é no coroamento do cilindro, ou seja, o diâmetro central que pode ser maior ou menor que o diâmetro das extremidades do mesmo. Conforme o tipo de aço a ser laminado no Laminador de Tiras a Quente, o Setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) envia o pedido de produção à equipe de Laminação e à Oficina de Reparação de Cilindros. Duas vezes ao dia o líder de produção da Oficina entra em contato com o PCP, via telefone, para confirmar a programação, passando a informação para o responsável da área, o qual informa a demanda de produção aos retificadores e montadores.

O mapeamento do fluxo foi elaborado com lápis e papel, caminhando no chão da fábrica e os dados foram coletados através de acompanhamento de todos os processos e cronometragem de cada etapa durante três meses.

O fluxo de porta a porta da oficina de cilindros compreende desde o recebimento dos cilindros usados montados com os mancais, até a devolução para o cliente dos cilindros conforme as especificações solicitadas montados novamente com os mancais. O fluxo compreende as etapas de desmontagem do cilindro e mancal, resfriamento do cilindro, retificação (reparação), inspeção e montagem novamente em um mancal para entrega ao cliente.

A frequência de entrega é de 1 ciclete a cada 4 horas, ou seja, 84 cilindros por dia, a qual ocorre através de carrinhos de transferência que comportam duas cadeiras, cada carrinho. Ao todo são três carrinhos de transferência, devendo um deles fazer duas viagens para completar a entrega do ciclete completo. Todos os dados de tempo neste estudo foram trabalhados em minutos.

A oficina trabalha 24 horas por dia divididos em 3 turnos de 8 horas. Dessa forma, o *Takt Time* pode ser calculado. $Takt\ time = \text{tempo disponível por dia (min)} / \text{demanda diária (unidades)} = 1440\ \text{min} / 84\ \text{cilindros} = 17,14\ \text{min}$.

No mapa, cada processo é representado por um retângulo (caixa) e, embaixo de cada uma, encontram-se a quantidade de operadores que trabalham nesta atividade e o tempo de ciclo (T/C), ou seja, tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, em minutos e o número de pessoas necessárias para operar o processo. É importante ressaltar que, no processo de retificação há três máquinas, cada uma sendo operada por um operador, cada um deles retificando um cilindro por vez (e não uma máquina sendo operada por três pessoas).

Ainda no mapa do estado presente, está registrado o valor do *pitch* em cada processo, o qual representa o tempo necessário para a produção de um ciclete completo.

Na etapa de resfriamento não há a necessidade de nenhum operador pois esta atividade é automática, sendo necessário apenas um funcionário acionar os chuveiros, os quais, após 45 minutos, são desligados automaticamente.

Durante cada etapa há sempre um operador acompanhando o deslocamento do cilindro para auxiliar no engate e desengate da ponte rolante. Este pode ser o responsável da área, também responsável por auxiliar na gestão do fluxo do processo, ou pelo operador do próximo equipamento.

Na Oficina de Cilindros do Laminador de Tiras a Quente da usina em estudo, há estoque de produtos entre cada processo, conforme pode ser observado no mapa. A quantidade registrada embaixo do triângulo está expressa em tempo. Depois da montagem, o ícone do carrinho de transferência e a seta larga indicam o movimento do ciclete até o cliente.

O mapa do estado atual pode ser visto na Figura 5. Nota-se que o tempo de agregação de valor no processo atual é de 139 min, ao passo em que o *lead time* é de 787 min, enquanto o *pitch* é de 420 min.

Importante ressaltar que a etapa de inspeção não é um processo, no entanto, ele foi destacado com uma caixa de processo no mapa deste estudo diante da constatação de ser um gargalo para o processo e um ponto onde devem ser tomadas ações para melhorar o fluxo de valor.

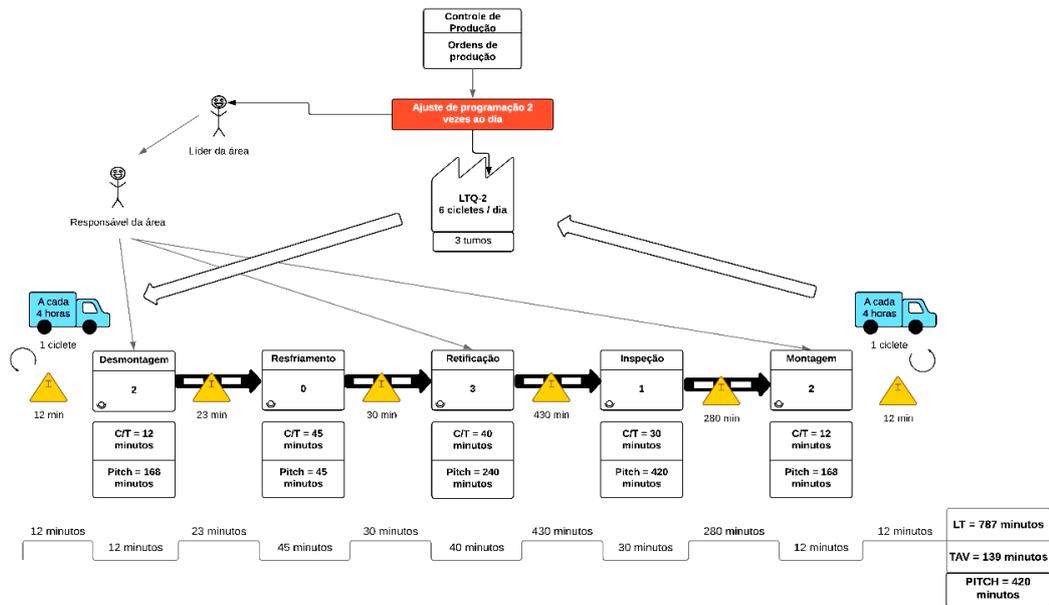


Figura 5 - Mapa do estado presente

Fonte: Os autores, 2018.

3. ANÁLISE DO FLUXO DE VALOR

Para a Oficina de Cilindros tem-se que tempo $takt = 480 \text{ minutos} / 28 \text{ cilindros} = 17,14$ minutos. Ou seja, para atender a demanda do laminador, a oficina precisa montar um cilindro reparado a cada 17,14 minutos. Este tempo é definido pelo cliente, não podendo ser alterado.

No entanto, as atividades de resfriamento e retificação não produzem um cilindro por vez. O processo é capaz de resfriar os 14 cilindros necessários para formar um ciclete ao mesmo tempo e, há três retificadoras, podendo-se reparar três cilindros ao mesmo tempo. Dessa forma, para melhor análise, foi comparado o $takt \text{ time}$ com o pitch de produção, ou seja, tempo de processo para um ciclete, e não uma peça. Esses dados podem ser observados na Figura 6.

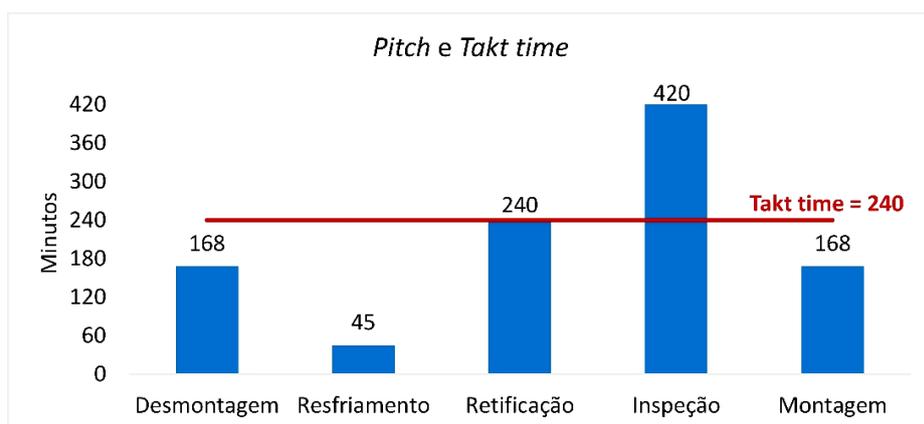


Figura 6 - Comparação entre o tempo de produção de um ciclete (pitch) e o $takt \text{ time}$

Fonte: Os autores, 2018

Observa-se na Figura 6 que o tempo de retificação é exatamente igual ao $takt \text{ time}$, e as atividades de montagem e desmontagem não estão tão distantes, no entanto, há uma grande ociosidade na etapa de resfriamento e um problema na etapa de inspeção, sendo esta 75% maior que o tempo $takt$.

O primeiro ponto de atenção é que as atividades que demandam mais tempo no processo são nos estoques antes e após a inspeção, etapa que conforme enfatiza a filosofia *Lean*, deve ser minimizada, pois não agrega valor para o cliente. O maior tempo de inventário antes da etapa de inspeção indica que este é o gargalo do processo, ou seja, onde deve ser feita a análise para entender a causa raiz do problema e atuar para melhorar. No mapa futuro, esta necessidade de melhoria é representada por um símbolo de Kaizen.

Os cilindros quando chegam na Oficina de Cilindros para reparação, logo são desmontados, mas nem sempre vão direto para os resfriadores. Foi observado um tempo de espera entre as duas etapas. Outra observação importante é que, a partir da etapa de retificação, a produção não é continuada nem balanceada. Ou seja, as retificadoras operam de forma ininterrupta e sem um planejamento prévio. Cada retificador ou pega um cilindro do resfriador ou procuram um cilindro nas estantes para retificar, sem um esforço coletivo para completar um ciclete para entregar ao cliente.

Ao analisar o tempo na atividade de inspeção, observou-se que em condições normais, esta etapa dura em média 240 minutos para cada ciclete completo, ou seja, acompanhando o *takt time*. Foi observado que problemas estruturais no cilindro como trinca, descontinuidade e porosidade ocasionam reinspeções e dificultam a identificação, análise e tomadas de decisão durante o processo de inspeção. Trinca e descontinuidade são problemas ocasionados durante o processo de laminação no Laminador de Tiras a Quentes, enquanto porosidade está associado a defeitos de fabricação.

O elevado inventário após a etapa de inspeção representa desperdício, ou seja, Produção em excesso. São inspecionados e liberados cilindros para a montagem em maior quantidade do que o demandado, diferente das especificações do momento, o que provoca paradas no Laminador por falta de cilindro.

3. 1 Criação do mapa do estado futuro

Após o mapeamento e a análise do mapa do fluxo de valor do estado presente, não é raro perceber a oportunidade de melhorias rápidas, as chamadas *quick wins*. Por se tratar de uma Oficina de Cilindros onde cada cilindro tem mais de 35 toneladas, mudanças que seriam rápidas requerem um bom planejamento prévio. Uma melhoria essencial observada é a organização dos cilindros separados por cadeira de laminação e a definição de locais específicos para os armazéns e pulmões entre cada etapa do processo. Outra melhoria necessária é a reparação dos alarmes luminosos existentes nas retificadoras que acendem quando é terminado o reparo de um cilindro. Dessa forma, a ponte rolante prontamente pode trocar o cilindro da máquina, retirando o reparado e levando o próximo a ser retificado.

Para o mapa futuro, é proposto:

- 1- Processo puxador: Montagem;
- 2- A implantação de um quadro Kanban na etapa de montagem indicando a cadeira que ele precisa (F1 a F7) e suas respectivas especificações de coroamento;
- 3- A retirada do cartão Kanban será realizada pela etapa de inspeção quando esta efetivamente realizar a inspeção e liberar o cilindro para montagem. Caso contrário, o cilindro inspecionado e não liberado irá para um pulmão de responsabilidade da equipe de especialistas para tomada de decisão. Nesse caso a etapa de retificação deverá reparar um outro cilindro para o cliente. No mapa do estado futuro, um símbolo de Kaizen representa a necessidade de melhoria na etapa de inspeção para minimizar a necessidade desse pulmão, como também das próprias inspeções.
- 4- Após a desmontagem do cilindro, a transferência deste deve ser feita imediatamente para o resfriador. A ponte rolante deve seguir a ordem de transporte:

carrinho de transferência → berço de desmontagem → resfriador → carrinho de transferência (para pegar o próximo par de cilindros);

5- Após a etapa de resfriamento, o cilindro vai para um supermercado, de onde os retificadores retiram os cilindros para reparação conforme a demanda do processo puxador;

6- Em cada retificadora, é proposto a instalação de um visor com um letreiro. O visor sinaliza ao responsável da área a necessidade de transferência do cartão Kanban da montagem para a retificação e, ao operador de ponte rolante, a demanda do cilindro que deve ser posto na máquina para reparação. Juntamente com o alarme luminoso que indica o fim da reparação e “chama” o operador de ponte rolante, a produtividade da máquina tende a aumentar. No mapa do estado futuro, esta proposta está representada por um cartão Kanban e um armazém.

7- Na etapa de retificação foi inserido um símbolo de Kaizen para melhoria no tempo de retificação. Foi observado que o tempo médio de retificação é de 40 minutos, mas a amplitudes desses tempos é muito alta, havendo uma diferença entre produtividade da mão-de-obra. Os retificadores mais experientes devem ajudar a desenvolver os mais novatos para melhorar este índice. Uma sugestão de meta para o tempo de retificação é de até 30 minutos.

8- Após a etapa de retificação, os cilindros são encaminhados para a montagem seguindo o FIFO. Quando é identificado no cilindro algum problema que cause reinspeção e atraso no processo, os engenheiros são chamados para atuar na tomada de decisão e, dessa forma, deve ser realizada a retificação de um outro cilindro dessa mesma cadeira e especificação para atender a demanda de produção. Tão logo um outro cilindro seja retificado, a inspeção deve priorizar o mesmo para depois dar continuidade à análise e resolução do cilindro que não está conforme. Dessa forma, pode haver um acúmulo de cilindros com problemas a serem analisados e tratados, permanecendo algum inventário antes desta etapa do processo. No mapa futuro, este inventário é representado como um pulmão de cilindros a serem inspecionados. O mapa do estado futuro pode ser observado na Figura 7.

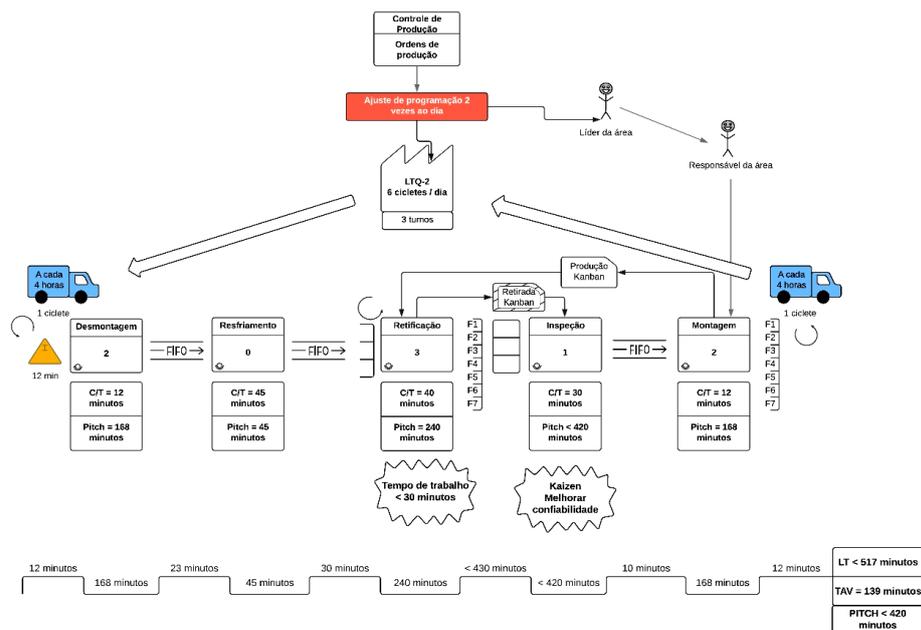


Figura 7 - Mapa do estado futuro

Fonte: Os autores, 2018

4. PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MAPA DO ESTADO FUTURO

Para a implementação do mapa do estado futuro, as ações propostas foram desdobradas em um Plano de Ação, o qual pode ser observado na Figura 8.

O plano de ação apresenta uma previsão de desdobramento semanal, com prazos definidos, onde os nomes dos responsáveis por cada atividade deverão ser incluídos na primeira reunião de melhoria para implementação do mapa do estado futuro.

As atividades do Plano de Ação estão relacionadas com as propostas descritas e trata da criação do mapa de valor do estado futuro bem como da redução de desperdícios abordado pela metodologia/ filosofia *Lean Manufacturing*.

A primeira atividade do plano é a modificação do *layout*, devendo ser realizada a organização dos cilindros, separando-os por cadeira de laminação, e a definição de locais específicos para os supermercados e pulmão propostos no mapa de valor do estado futuro. Esta organização vai evitar os desperdícios relacionados, além de possibilitar uma maior eficiência às etapas do processo.

A implementação do sistema Kanban vai auxiliar o processo puxador (montagem) na demanda dos cilindros com suas respectivas especificações de cada cadeira de laminação, conforme a necessidade do cliente. O Kanban na etapa de inspeção vai ajudar no controle da produção e na agilidade para tomadas de decisão.

Plano de Ação para Implementação do Estado Futuro																		
Id.	Atividade	Tempo estimado (em semanas)														Responsável**	Desperdícios relacionados	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	Modificação do layout na Oficina de Cilindros																G	
1.1	Levantamento da quantidade de vagas nas estantes de cilindros																G	
1.2	Inventário de cilindros em estoque																P	
1.3	Proposta para nova organização dos cilindros nas estantes, incluindo os supermercados propostos																E	* Transporte desnecessário de cilindros; * Espera na etapa da produção enquanto procura o cilindro nas estantes;
1.4	Implantação da mudança																G	* Defeito, erro ao pegar cilindros errados para produzir; * Movimentação excessiva procurando os cilindros nas estantes.
1.5	Revisão dos procedimentos operacionais																E/G	
1.6	Treinamento dos operadores																G	
2	Instalação de kanban no processo puxador (montagem) e inspeção																	
2.1	Definição de layout dos quadros kanban																E	
2.2	Orçamento e compra dos quadro e cartões																P	
2.3	Instalação dos quadros																M	* Produção em excesso de cilindros na retificadora e inspeção; * Estoque de cilindros entre cada as etapas de retificação, inspeção e montagem; * Transporte desnecessário de cilindros, ocasionando processamentos desnecessários e defeitos; * Espera para completar um ciclete completo; * Movimentação desnecessária procurando cilindros para retificar, inspecionar e montar.
2.4	Elaboração do procedimento operacional para utilização do kanban e puxada de produção																E/G	
2.5	Treinamento dos operadores																G	
3	Manutenção corretiva nos alarmes das retificadoras																	
3.1	Análise das condições e definição de atividades necessárias para correção dos alarmes																M	
3.2	Orçar e comprar material necessário																P	
3.3	Manutenção corretiva																M	* Espera de ponte rolante para efetuar a troca dos cilindros na retificadora; * Movimentação desnecessária do operador para chamar o operador de ponte rolante para efetuar a troca.
3.4	Criação de procedimento operacional para troca de cilindros na retificadora																E/G	
3.5	Treinamento dos operadores																G	
4	Instalação de visor nas retificadoras																	
4.1	Orçamento e compra de visores																P	* Produção excessiva de cilindros, visto que mais de um retificador repara cilindro da mesma cadeira de laminação; * Estoque de cilindros retificados; * Transporte excessivo desses cilindros, ocasionando processamentos desnecessários e defeitos; * Espera para completar um ciclete completo; * Movimentação desnecessária.
4.2	Instalação																M	
4.3	Treinamento dos operadores																G	
4.3	Revisão dos procedimentos operacionais																	
5.1	Revisão final e impressão dos padrões operacionais																G	* Importante para prevenir todos os desperdícios.
6	Treinamentos																	
6.1	Treinamento mecanismo FIFO																E/G	* O seqüenciamento em FIFO vai evitar todos os desperdícios tomando a produção balanceada.
6.2	Verificação do cumprimento adequado dos procedimentos operacionais atualizados																G	* Importante para prevenir todos os desperdícios.
7	Implementação de kaizen nas retificadoras																	
7.1	Identificação dos operadores mais experientes																G	
7.2	Identificação de melhores práticas																E	
7.3	Elaboração de um plano de treinamento operacional																E/G	
8	Implementação de kaizen na inspeção																	
8.1	Criação e estruturação de uma equipe funcional para Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA)																E/G	* Um projeto de melhoria na etapa da inspeção através do FMEA é fundamental para a busca de um processo cujas falhas sejam gerenciadas e controlas para sua definitiva eliminação e melhoria contínua do processo.

** G- Gerente; E-Engenheiro da Qualidade; M-Manutenção; P-Planejamento.

Figura 8 – Plano de implementação para o Mapa de Estado Futuro

Fonte: Os autores, 2018.

Nas retificadoras, foi proposto a reparação dos alarmes luminosos que sinalizam os operadores de ponte rolante a necessidade de troca de cilindro na máquina. A ausência dos alarmes faz com que o retificador precise sair da máquina e caminhar até próximo à ponte rolante para fazer a sinalização manualmente. Também foi proposto a instalação de um visor com letreiro para sinalizar a cadeira de laminação do cilindro que o operador de ponte rolante deve colocar na máquina para a próxima reparação. Este letreiro juntamente com a dinâmica do Kanban da montagem vai evitar que retificadores diferentes reparem cilindros de uma

mesma cadeira de laminação (produção em excesso) como acontece frequentemente no estado atual, além de ajudar a tornar o fluxo balanceado e melhorar a produtividade do processo.

O fluxo de produção seguindo o FIFO (*first in, first out*) tem o objetivo de tornar o fluxo mais dinâmico eliminando as esperas entre as etapas de desmontagem → refrigeração e inspeção → montagem. Também vai permitir a liberação dos resfriadores mais rapidamente, deixando-os livres para os próximos cilindros que serão desmontados.

Após a implantação de todas as modificações propostas é imprescindível a revisão e adequação de todos os padrões operacionais, bem como o treinamento de toda a equipe envolvida no processo de reparação de cilindros da oficina.

Este plano também propõe duas melhorias importantes: uma na retificadora, de forma a nivelar o conhecimento e a prática de retificação por parte dos operadores, diminuindo a amplitude do tempo de operação existente atualmente e, na etapa de inspeção, é proposta a criação de uma equipe para Análise de Modo e Efeito das Falhas (FMEA) que existem neste processo.

5. CONCLUSÃO

O mapeamento do fluxo de valor do estado presente permitiu a identificação de oportunidades de melhorias relacionadas a todos os oito tipos de desperdícios abordados na filosofia *Lean manufacturing*.

O Plano para Implementação do estado futuro apresenta propostas de mudança de *layout* da Oficina de Cilindros, onde deve ser realizada a organização e separação dos cilindros de acordo com a cadeira de laminação. A implantação de mecanismo Kanban, supermercados e FIFO devem tornar o processo mais dinâmico, reduzir os desperdícios e aumentar a eficiência da produção.

A inspeção foi identificada como o gargalo da produção, atividade onde se deve ter maior atenção e esforços para melhorar a produtividade de toda a Oficina de Cilindros. Em função disso, torna-se necessário um estudo aprofundado de análise dos problemas de trinca e descontinuidade dos cilindros durante o processo de laminação do aço para um posterior trabalho de melhoria, além de melhorias no processo de validação no recebimento de cilindros dos fornecedores. Com a implementação das propostas deste trabalho, estima-se uma diminuição de cerca de 35% no *lead time*.

É importante ressaltar a importância da implantação das melhorias propostas para Oficina de Cilindros, pois além dos desperdícios percebidos e relatados que afetam a produtividade do processo e a lucratividade da empresa, as movimentações excessivas, transportes e esperas dos operadores na área produtiva aumentam sua exposição ao risco de acidentes, visto o alto grau existente em uma Usina Siderúrgica.

O próximo passo será a implantação do Plano de Ação apresentado para alcançar o estado futuro, posterior análise e medição dos benefícios oriundos das mudanças realizadas a partir do estado atual.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R. A. Perdas No Processo Produtivo. Rio de Janeiro: RAA Consultoria Ltda, 2002.
- Aguiar, W. S.; DAMASCENO, M.; MELO, F. Avaliação de Softwares Livres de Bpmn Para Mapeamento de Processos. In *XII Congresso Nacional de Excelência Em Gestão & III INOVARSE - Responsabilidade Social Aplicada*. Rio de Janeiro, 2016.
- AZEVEDO, I.C.G. Fluxograma Como Ferramenta de Mapeamento de Pprocesso No Controle de Qualidade de Uma Indústria de Confecção.” In *Congresso Nacional de Excelência Em Gestão*. Rio de Janeiro, 2016.



BONACCORSI, A.; CARMIGNANI, G.; ZAMMORI, F. *Service Value Stream Management (SVSM): Developing Lean Thinking in the Service Industry*. *Journal of Service Science and Management* 04 (04): 428–39. <https://doi.org/10.4236/jssm.2011.44048>, 2011.

CAMPOS, J. P. Mapeamento de Processos: Uma Estratégia Vencedora, 1–26, 2009.

CHUKUKERE, A.; CASTILLO-VILLAR, K.K.; WAN, H. *Improving Operations through Dynamic Value Stream Mapping and Discrete-Event Simulation*. In *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference, 2014*.

COPPINI, N.L.; BEKESAS, L.C.; BAPTISTA, E.A.; VIEIRA JUNIOR, M.; LUCATO, W.C. *Value Stream Mapping Simulation Using ProModel® Software*. São Paulo: UNINOVE - Universidade Nove de Julho. ncoppini@uninove.br, 2011.

GUPTA, S.; SUNDE, V. *Lean Services : A Systematic Literature Review*. *International Journal of Productivity and Performance Management* 65 (8): 1025–56, 2016.

LIKER, J.K. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Vol. 2. United States of America: McGraw-Hill, 2004.

LEAN INSTITUTE BRASIL. Muda, Mura, Muri - Tipos de Atividades Que Geram Desperdícios. <https://www.lean.org.br/conceitos/78/>, 2019.

NETO, M.V.S.; J.V.M. JUNIOR. Afinal, o que é Business Process Management (BPM)? Um Novo Conceito Para Um Novo Contexto. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, 2008. <https://doi.org/https://doi.org/10.5329/RESI.2008.0702009>, 2008.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: Além Da Produção Em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman, 1975

RIZZO, E.M.S. *Processos de Laminação Dos Aços: Uma Introdução*. ABM. São Paulo, SP, 2007.

ROHAC, T.; JANUSKA, M. *Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study*. In *25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation*, 100:520–29. Pilsen: University of West Bohemia in Pilsen. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.399>, 2015.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor Para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício*. Lean Enterprise Institute, Inc. 2012a.

———. *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor Para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício*. Versão 1.4. São Paulo, SP: Lean Institute Brasil, 2012b.

RUSSELL, R.S.; TAYLOR, B.W. *Operations Management: Creating Value along the Supply Chain*. Seventh Ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc. 1999.

SANTOS, L.C.; GOHR, C.F.; SANTOS, E.J. *Aplicação Do Mapeamento Do Fluxo de Valor Para a Implantação Da Produção Enxuta Na Fabricação de Fios de Cobre*. *Revista Gestão Industrial*, 2011. <https://doi.org/10.3895/S1808-04482011000400006>.

SHARARAH, M.A.; EL-KILANY, K.S.; EL-SAYED, A.E. *Value Stream Map Simulator Using ExtendSim*. In *Proceedings of the World Congress on Engineering*. London, 2011.

SINGH, B.; SURESH, K.G.; SHARMA, K.S. *Value Stream Mapping : Literature Review and Implications for Indian Industry*, 799–809. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2860-7>, 2011.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.. JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. Terceira Edição. São Paulo, SP: Editora Alras, 2009.