

O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV) NA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS INTEGRADO ÀS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR DE INJEÇÃO PLÁSTICA

VALUE STREAM MAPPING (VSM) IN THE OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL PROCESSES INTEGRATED WITH INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES: A PROPOSAL FOR AN IMPLEMENTATION METHODOLOGY IN A PLASTIC INJECTION INDUSTRY

Marina Barros Lobo¹; Dércio Luiz Reis²; Thiago Maciel Neto³; Joaquim Maciel da Costa Craveiro⁴

RESUMO: O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta essencial do Lean Manufacturing, utilizada para identificar e eliminar desperdícios nos processos produtivos. Com o advento da Indústria 4.0, novas tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data, Inteligência Artificial (IA) e automação avançada têm sido integradas a ferramentas tradicionais de gestão da produção, promovendo um novo patamar de eficiência e flexibilidade. Por meio de uma abordagem qualitativa e uma pesquisa exploratória, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em que foi executado um levantamento de informações sobre a metodologia estudada e sobre o problema a ser abordado. Este artigo explora os princípios e a metodologia do MFV, destacando sua aplicação em diversos setores industriais para a melhoria contínua e a otimização dos fluxos de materiais e informações. Explora ainda a interseção entre o MFV e as tecnologias da Indústria 4.0, discutindo como essas ferramentas digitais podem otimizar o processo de mapeamento, fornecer insights mais precisos sobre os fluxos de valor e aumentar a competitividade das empresas no mercado global. Apresenta também um estudo de caso em que o MFV é aplicado em conjunto com soluções da Indústria 4.0, resultando em ganhos de produtividade e agilidade.

Palavras-chave: Mapeamento do Fluxo de Valor, Lean Manufacturing, melhoria contínua, otimização de processos, desperdícios, Indústria 4.0, IoT, Big Data, Inteligência Artificial.

ABSTRACT: Value Stream Mapping (VSM) is an essential tool of Lean Manufacturing, used to identify and eliminate waste in production processes. With the advent of Industry 4.0, new technologies such as the Internet of Things (IoT), Big Data, Artificial Intelligence (AI), and advanced automation have been integrated into traditional production management tools, promoting a new level of efficiency and flexibility. Through a qualitative approach and exploratory research, a bibliographic review was conducted, gathering information about the methodology studied and the problem to be addressed. This article explores the principles and methodology of VSM, highlighting its application in various industrial sectors for continuous

¹ Petróleo Brasileiro (PETROBRÁS) / email: marinalobo@outlook.com

² Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: dercioreis@ufam.edu.br

³ Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: thiagomn@ufam.edu.br

⁴ Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: jmaciel@ufam.edu.br

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

improvement and the optimization of material and information flows. It also explores the intersection between VSM and Industry 4.0 technologies, discussing how these digital tools can optimize the mapping process, provide more accurate insights into value streams, and increase companies competitiveness in the global market. Additionally, it presents a case study in which VSM is applied in conjunction with Industry 4.0 solutions, resulting in productivity and agility gains.

Keywords: Value Stream Mapping, Lean Manufacturing, continuous improvement, process optimization, waste, Industry 4.0, IoT, Big Data, Artificial Intelligence.

1. INTRODUÇÃO

A globalização e o aumento da competitividade entre as indústrias têm impulsionado a busca por maior eficiência e redução de custos em processos produtivos. Nesse contexto, o Lean Manufacturing surge como uma metodologia amplamente adotada, cujo foco principal é a eliminação de desperdícios e a otimização do fluxo de valor nas operações.

Entre as ferramentas mais utilizadas do Lean Manufacturing, destaca-se o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). O MFV permite visualizar todas as etapas de um processo produtivo, desde a chegada da matéria-prima até a entrega do produto final ao cliente, com o objetivo de identificar atividades que não agregam valor e eliminar gargalos.

A revolução industrial evoluiu significativamente ao longo dos séculos, com cada fase transformando drasticamente o panorama da manufatura. A primeira revolução foi caracterizada pela mecanização, seguida pela eletrificação e automação na segunda e terceira revoluções. A quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0, introduz um novo paradigma: a integração de sistemas físicos e digitais, permitindo a criação de fábricas inteligentes e conectadas.

Em paralelo, o Lean Manufacturing, uma abordagem de gestão que visa otimizar processos ao eliminar desperdícios, utiliza o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como uma de suas ferramentas principais. O MFV possibilita visualizar todo o fluxo de um produto, desde o início do processo produtivo até a entrega ao cliente, identificando atividades que não agregam valor.

Com o surgimento da Indústria 4.0, as tecnologias digitais agora podem ser integradas ao MFV, potencializando sua capacidade de análise e monitoramento em tempo real. Este artigo tem como objetivo explorar a relação entre o MFV e as tecnologias da Indústria 4.0, demonstrando como essa integração pode aumentar a eficiência e a eficácia dos processos produtivos.

A seguir, será apresentada uma revisão da literatura sobre o tema, a descrição da metodologia do MFV e, por fim, exemplos práticos de sua aplicação em diferentes setores industriais.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho terá uma abordagem qualitativa, em conformidade com o que define Denny & Weckesser (2019). Oferece, como objetivo, uma visão que engloba a experiência e o significado que está ligado a ela. A pesquisa qualitativa, de acordo com Moser & Korstjens (2017), pode ser definida como sendo a investigação de fenômenos, por meio da coleta de dados e informações capazes de promover a elaboração de um conhecimento consistente e de qualidade.

A pesquisa exploratória que parte do levantamento de informações sobre determinado fenômeno ou problema foi a modalidade de pesquisa escolhida para a abordagem do tema

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

proposto. Conforme Héroux (2018), esse tipo de pesquisa possibilita que os principais resultados sejam identificados e a grandeza dos efeitos sejam estimadas, representando um uso eficiente de dados e recursos. A pesquisa exploratória tem como característica atender de forma eficiente e eficaz para a compreensão do contexto inicial do trabalho e na exploração de estudos específicos relativos ao tema.

2.1 Controle de Qualidade e Lean Manufacturing

Consagrados autores definiram os principais conceitos de qualidade ao longo das últimas sete décadas. Um dos principais autores é Deming (1982), que definiu a qualidade como o voltada para atender continuamente às necessidades e expectativas dos clientes, a um preço pelo qual eles estão dispostos a pagar. Para Juran & Godfrey (1998), a qualidade significa aquelas características dos produtos que atendem às necessidades do cliente e, assim, proporcionam este atendimento e a sua satisfação. A partir destas duas visões o conhecimento do mercado e dos seus desejos é fundamental para que a produção atenda às exigências requeridas.

Para Campos (2004) um produto ou serviço que tenha qualidade deve cumprir de forma confiável, acessível, no tempo certo e de forma segura, as necessidades e os desejos do cliente. Assim, o seu projeto deve ser perfeito, sem defeitos, com baixo custo de produção, aquisição, propriedade e manutenção, com entrega dentro do prazo aceitável pelo mercado e que transmita segurança para o cliente.

É importante notar que os três autores, colocam o cliente como ponto central da qualidade. É o cliente que detém as necessidades e exigências, norteador da qualidade e sua relevância no mercado inserido. A preferência do consumidor por determinada marca irá demonstrar quão boa está a qualidade do produto da empresa, se esse for o posicionamento estratégico no mercado que atue.

Para Kumar (2018), a globalização nivelou a competitividade. Em um curto período a concorrência explodiu no mercado, *players* de todas as partes do mundo começaram a apresentar seus produtos atingindo novos mercados e apresentando inovações que antes estavam limitadas ao mercado interno de seus países. O avanço no uso profissional das redes sociais, permitiu a visibilidade de novos fabricantes e das inovações promovidas por estas empresas, com a inserção de novas tecnologias em materiais e processos, que afetam diretamente a qualidade e o custo.

A qualidade pode ser vista de diversas vertentes, e para Deming (1982), ela só pode ser definida em termos de quem a avalia, como por exemplo, se o operário que produz puder se orgulhar do que produziu, pois, a baixa qualidade impactará diretamente nos negócios e consequentemente no seu emprego.

Campos (2004) afirma que a produtividade nada mais é que produzir mais ou melhor com cada vez menos. Deming (1982), considera que a produtividade é aumentada pela melhoria na qualidade. Ou seja, a diminuição de defeitos, retrabalhos, descartes de produtos não conformes, ajustes constantes no processo produtivo, entre outros fatores internos, demonstram uma queda na qualidade.

Alguns termos que são muito usados ao falar de produtividade são o *input* e *output*. O primeiro está relacionado com o que a empresa consome para produzir, e o segundo ao que ela coloca no mercado como produto final. A produtividade pode ser representada como um quociente entre estes dois fatores (output e input), ou seja, a produtividade é igual ao quociente do que a empresa produz e o que ela consome no processo.

O conceito do sistema Toyota de produção teve seu início no Japão, por Taichii Ohno e Eiji Toyoda, na fábrica da própria Toyota, em meados da década de cinquenta. Após a Primeira Guerra Mundial, a família Toyoda, fundadora da marca, decidiu iniciar a produção em larga

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

escala de carros e caminhões. De acordo com Womack et. al (1990), enfrentaram algumas dificuldades.

A primeira ocorreu em função do mercado doméstico no Japão ser limitado e demandava uma grande gama de veículos diferentes. Além disso, a mão de obra japonesa não estava mais disposta a ter o tratamento que tinham antes da guerra e os sindicatos ganharam forças exigindo remunerações mais justas aos trabalhadores.

O cenário econômico do Japão era um sério problema. Saindo de uma guerra de destruiu a infraestrutura produtiva do país e gerou uma grave crise econômica, e a desconfiança por parte dos vencedores que dificultava a compra de tecnologias ocidentais, foi outro problema que se apresentou. Finalmente, fora do Japão, existia muitos fabricantes automotivos, consagrados, que estavam dispostos a impedir qualquer tentativa de exportação japonesa.

Na década de cinquenta, Taichii Ohno e Eiji Toyoda decidiram visitar a fábrica da Ford em Detroit nos Estados Unidos, e passaram três meses, de acordo com Womack et. al (1990), observando como era o processo de fabricação deles, conhecido como fordismo. Eiji estudou minuciosamente cada processo da fábrica da Ford e acreditou que aquele sistema de produção poderia ser melhorado.

Eles perceberam que o modelo da época, o fordismo, tinha alguns pontos negativos como o acúmulo de produtos parados em estoque, os esforços repetitivos do operário, desperdício de material, desgaste de máquinas, entre outros. E para conseguirem ser competitivos nesse grande mercado, eles voltaram para o Japão com ideias de corrigir esses pontos negativos através de aumentar a produtividade, reduzindo os desperdícios observados. E assim foi criado o Sistema Toyota de Produção.

Existem dois métodos de manufatura muito conhecidos, o de empurrar e o de puxar. De acordo com Ohno (1988), o método de empurrar, bastante utilizado nas indústrias, o produto é produzido em sequência desde o posto um. O planejamento da produção no Sistema de empurrar é definido pelas previsões de demanda e pelos estoques prontos.

Já no sistema puxado de produção, o processo final recolhe as quantidades necessárias do processo anterior fazendo o mesmo por todos os processos anteriores, de forma inversa. O sistema Toyota utiliza o método puxado em suas produções.

O sistema Toyota de produção tem como base a absoluta eliminação de desperdícios e atividades sem valor agregado no processo, produção ou serviço. E logicamente, implementando uma melhoria para que agregue o valor almejado. É um processo contínuo que tem como dois pilares o *just in time* e a automação com um toque humano (Ohno,1988).

O *just in time* tem por objetivo que os produtos ou peças estejam no local destinado a produção somente no momento que serão utilizadas e apenas na quantidade realmente necessária. Quando uma companhia consegue seguir esse fluxo de forma integral, é possível alcançar um estoque zerado.

Para atingir esse modelo ideal de *just in time*, alguns métodos de gestão foram criados, como por exemplo o *Kanban*. Ele é uma forma de facilitar a comunicação e a identificação entre os processos. Desse modo, indica as necessidades do que precisa ser produzido e auxilia no controle para evitar produções desnecessárias.

O outro pilar, a automação com toque humano, é uma base essencial para esse sistema. Na Toyota uma máquina automatizada com um toque humano é aquela que possui um dispositivo de parada automática (Ohno,1988). Assim, a inteligência humana é colocada na máquina para que em eventuais erros, ela possa parar e não produzir produtos danificados. E além disso, evitar que a máquina seja danificada.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

Também chamada de automação, ela é benéfica pelo fato que não necessita do operador enquanto a máquina tiver em normalidade de funcionamento. Somente quando o equipamento parar de funcionar devido algum problema é que o operador deve intervir.

Além disso, em termos de gestão, a parada de máquina força com que não só o operador, mas também todos os envolvidos, supervisão, manutenção, engenharia, tenham ciência dos ocorridos e compreendam que existe algum problema, para assim melhorias acontecerem. Os dois pilares, *just in time* e automação, se unem para trazer o trabalho em equipe e o talento individual respectivamente.

Outro ponto relevante ao falar sobre a filosofia Toyota, é que a redução de custo é tida como um objetivo para qualquer indústria. Ohno (1988) cita que não existe fórmula mágica, mas sim um sistema de gestão que desenvolva as habilidades humanas com a finalidade de extrair criatividade e operosidade, e assim ser possível utilizar os recursos da melhor maneira eliminando os desperdícios.

Conforme De Oliveira et.al (2019), o sistema Toyota de produção também pode ser conhecido como *lean manufacturing*. Ele tem como objetivo maximizar a produção utilizando o mínimo de recurso possível, reduzindo tempo, movimentação, uso de equipamentos para aumentar o valor agregado no produto final.

Com a difusão do sistema Toyota pelo mundo, o *Lean* passou a ser conhecido e utilizado por outras empresas. O Lean, de acordo com Pomas & Antony (2017), é uma filosofia que tem como princípios:

- a) Definir valor do cliente;
- b) Identificar o fluxo desse valor eliminando desperdícios;
- c) Criar um fluxo contínuo;
- d) Projetar e fornecer o que o cliente deseja *just in time*;
- e) Ir em busca da perfeição.

Também chamada de manufatura enxuta, segundo Goshime et. al (2017), o objetivo principal é a melhoria operacional eficiente através da redução de custos pela diminuição ou eliminação de atividades sem valor e desperdícios.

O Lean Manufacturing foi desenvolvido originalmente pela Toyota no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, como parte do Sistema Toyota de Produção. Seu foco é a eliminação de desperdícios (atividades que não agregam valor) e a melhoria contínua dos processos produtivos. As práticas do Lean Manufacturing são aplicadas em várias indústrias ao redor do mundo, com a intenção de melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar a qualidade dos produtos.

Entre as ferramentas do Lean Manufacturing estão o Just-in-Time, o Kanban, o 5S e o MFV. O MFV, em particular, desempenha um papel fundamental na visualização do fluxo de produção, permitindo a identificação de atividades que causam desperdícios e atrasos.

2.2 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma técnica gráfica utilizada para mapear todas as atividades envolvidas na produção de um bem ou serviço. Ele possibilita uma visão abrangente dos fluxos de materiais e informações que ocorrem ao longo do processo produtivo, tornando possível identificar as etapas que agregam e as que não agregam valor.

O MFV é dividido em três etapas principais:

- a) Desenho do mapa do estado atual: Representa o estado atual do processo produtivo, mapeando todas as etapas, os tempos de ciclo, estoques e outros dados operacionais relevantes.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

- b) Análise dos desperdícios: Identificação de atividades que não agregam valor, como esperas, excessos de movimentação, sobrecarga de trabalho, entre outros.
- c) Desenho do mapa do estado futuro: Proposta de um novo fluxo de produção, mais eficiente, com a eliminação ou redução dos desperdícios identificados.

O principal objetivo do MFV é melhorar o fluxo de valor, garantindo que cada etapa do processo agregue valor ao produto final, minimizando os tempos de espera e outros tipos de desperdícios.

Um dos métodos mais conhecidos atualmente para identificar desperdícios e melhoria contínua é o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value stream mapping* - VSM), que foi criado por Mike Rother e John Shook em 1999. Segundo eles, sempre que há um produto para um cliente, há um fluxo de valor, o maior desafio é enxergá-lo.

Definido por Rother & Shook (1999), o fluxo de valor é toda ação, seja ela agregando valor ou não, que será necessária para produzir um produto. Como por exemplo, o fluxo da produção, que começa desde a matéria-prima até a chegada do produto ao cliente final. Segundo Rother & Harris (2001), o fluxo contínuo do processo é aquele que permite fluir em continuidade do início ao fim da cadeia, da matéria-prima até o produto acabado.

Atualmente é considerada uma ferramenta importante para as empresas, e Rother & Shook (1999) apontam os seguintes fatores:

- a) Auxilia a enxergar mais do que somente processos individuais, com ele é possível enxergar o fluxo;
- b) Propicia uma linguagem comum para simbolizar os processos de manufatura envolvidos;
- c) Ajuda a visualizar mais do que somente os desperdícios. Ao mapear é possível encontrar a fonte dos desperdícios;
- d) Possibilita que as decisões sobre os fluxos sejam visíveis, fazendo que seja possível discuti-las;
- e) Agrega conceitos e técnicas enxutas, que auxiliam a evitar a utilização de técnicas isoladas;
- f) Forma a base de um plano de execução. Os mapas produzidos dos processos servem como referência para a execução enxuta do projeto;
- g) Proporciona a relação entre o fluxo de material e o fluxo de informação, sendo a primeira ferramenta a possibilitar isso;
- h) É mais útil que ferramentas quantitativas que entregam caminhos que não agregam valor. Ao contrário do mapeamento de fluxo de valor, que é ideal para descrever o que realmente será feito para alcançar os números desejados.

É possível observar que a ferramenta proporciona inúmeras utilidades e facilidades, que faz com que seja possível visualizar o chão de fábrica de uma maneira que serve de apoio a manufatura enxuta.

Outros autores como Kumar (2018), corroboram que os objetivos do *Value stream mapping* são:

- a) Projetar visualmente o processo;
- b) Tornar mais fácil a identificação de problemas e melhorias;
- c) Ser uma referência para avaliar os impactos das ações de melhoria;
- d) Ser uma base de trabalho para a melhoria contínua do processo.

Com o mapeamento do fluxo de valor, é possível a representação visual do processo, fazendo com que a análise seja mais direta e objetiva. Além disso, é uma ferramenta que tem

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

muito poder para apoiar uma tomada de decisão e auxiliar a melhoria contínua devido suas informações que são documentadas.

Garza-Reyes et.al (2017) também defendem o uso da ferramenta, e a define como sendo visual e simples. Com ela é possível visualizar, documentar e compreender fluxos do processo com a finalidade de identificar desperdícios, e com isso progredir nas mudanças propostas.

Muñoz-Villamiza et al. (2019), enfatiza que o *Value stream mapping* é uma ferramenta com a finalidade de mapear um processo produtivo, e que se deve mapear não somente os fluxos de materiais, como também os fluxos de informações que fazem parte da produção. O fluxo de informação é tão importante quanto o fluxo de material, e deve ter o mesmo grau de tratamento. Na Figura 1 é possível observar esse fluxo.



Figura 1. Fluxo da Produção. Fonte: Rother & Shook (1999, p.5).

Com o fluxo de informação é ditado para o processo seguinte o que se deve produzir ou fazer em sequência. É importante ter o entendimento que a movimentação de material e a de informação são complementares, e que ambas têm sua importância no processo.

Um exemplo trazido por Rother & Shook (1999) é a Toyota, que pode até usar os mesmos processos básicos que seus fornecedores, como solda ou estamparia, entretanto as plantas da marca regulam sua produção de uma maneira bem diferente. O centro da questão do fluxo de informação é formular um modo que um processo só será acionado quando o processo posterior pedir.

O *Value stream mapping* vem sendo muito utilizado para redução de desperdícios. De acordo com Stadnickay & Litwin (2019), os modelos de mapeamento podem ser utilizados tanto em sistemas de manufatura simples quanto complexos.

Conforme Cheung et. al (2017), com o mapeamento de fluxo de valor é possível visualizar o tempo para processos de produção e encurta-lo nas operações entre os processos. Um dos benefícios do *Value stream mapping*, de acordo com Rother & Shook (2001), é tornar as decisões sobre o fluxo de valor visível, para assim discuti-las, além de ser uma ferramenta qualitativa que demonstra em detalhes como o fluxo deveria ser operado.

É importante definir uma pessoa para mapear o processo, que de acordo com Rother & Shook (1999), será o gerente do fluxo de valor. Ele será responsável por liderar o mapeamento, monitorar a implementação, manter atualizado, entre outras atribuições. Se não houver centralização dessas atividades, ficará mais difícil alcançar o êxito. Na Figura 2 é representado a função do gerente do fluxo de valor.

Quem é responsável pelo fluxo de valor?

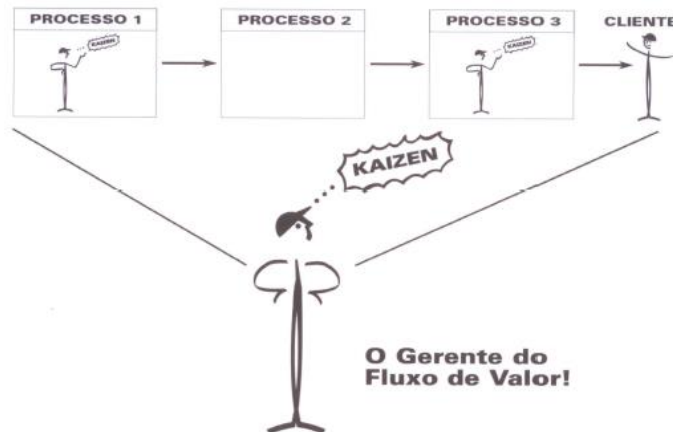


Figura 2. Gerente do Fluxo de Valor. Fonte: Rother & Shook (1999, p.7).

Algumas das tarefas que são de responsabilidade do gerente do fluxo de valor, de acordo com Rother & Shook (1999):

- Informar os progressos da implementação enxuta para a pessoa com maior autoridade na unidade produtiva;
- Liderar a criação dos mapas dos fluxos, assim como do plano de implementação definido;
- Monitorar as etapas de implementação;
- Acompanhar e verificar o fluxo de valor rotineiramente, sendo diariamente ou semanalmente;
- Tornar prioridade máxima as implementações definidas;
- Manter atualizado o plano de implementação;
- Ser um líder proativo e que é conduzido por resultados.

Para realizar o mapeamento, deve-se seguir as etapas de desenho do estado atual, depois desenho do estado futuro e por fim o plano de trabalho e implementação (Figura 3 – Etapas do mapeamento do fluxo de valor). Conforme for sendo mapeado o estado atual, é possível ter novas ideias e executar ao mesmo tempo o desenho do estado futuro. Do mesmo modo que o inverso, ao desenhar o estado futuro será possível enxergar deficiências do estado atual.

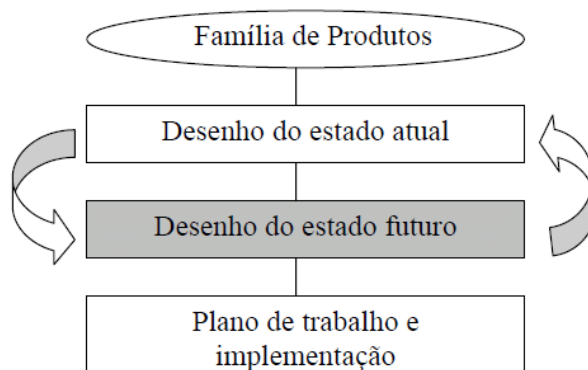


Figura 3. Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor. Fonte: Rother & Shook (1999, p.9).

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

A primeira etapa para desenhar o estado atual do processo escolhido é coletar os dados primordiais no chão de fábrica. Com essa coleta é possível adquirir informação para serem usadas no estado futuro. Rother & Shook (1999) citam alguns direcionamentos para facilitar o mapeamento:

- Colete as informações do estado presente simultaneamente ao caminhar junto com os fluxos reais de material e informação;
- Inicie com uma volta rápida por todo o fluxo de valor e consequentemente alcançar um entendimento do fluxo e da sequência dos processos envolvidos. Após realizar essa ação, importante reunir todas as informações adquiridas;
- Inicie pelo final e siga retornando pelos processos anteriores. Por exemplo não comece pela área de recebimento de materiais e siga pelos fluxos em frente, pois assim não irá iniciar pelos processos que estão mais ligados ao consumidor e que dita o ritmo para os anteriores;
- Tenha em mãos o próprio cronômetro e tire suas próprias medições de tempos padrões. Obtenha pessoalmente as informações, pois os dados dos arquivos armazenados podem estar revelando um tempo que não reflete mais o processo atualmente. Algumas exceções para essas medições são: dados sobre disponibilidade de máquinas, ou retrabalho, ou tempos de troca, ou taxas de refugo;
- Faça o mapeamento completo do fluxo de valor inteiro mesmo que outros colaboradores estejam envolvidos. É importante compreender o fluxo por inteiro e se diferentes pessoas mapearem distintos processos, ficará difícil de todos entenderem por completo.

Para desenhar o mapa, ao representar o processo é utilizada uma caixa de processo, que indica uma área de fluxo de material. Na Figura 4 é visualizado como elas são. Quando o fluxo de material termina, é onde finaliza as caixas de processo.

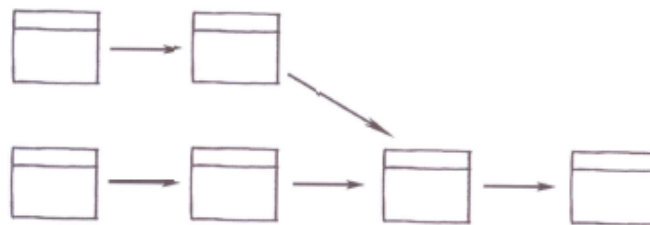


Figura 4. Caixas de Processo. Fonte: Rother & Shook (1999, p.19).

Além das caixas de processos, também são utilizadas setas para indicar a movimentação do fluxo. Também, inclui uma caixa de dados onde informações referentes a tempo de produção, número de funcionários, disponibilidade de máquina, entre outros, podem ser incluídos.

Na etapa seguinte, ao iniciar o mapeamento do estado futuro, é importante levar em consideração as fontes de desperdícios encontradas ao analisar o estado atual. Não focar somente no desperdício em si, mas sim na origem que ocorre para poder tratá-lo na causa raiz.

O chão de fábrica é onde o processo acontece então segundo Rother & Harris (2001), criar e executar um fluxo contínuo deve ser feito nele, analisando e com disposição para mudar as coisas que sempre foram feitas da mesma maneira. De acordo com os autores, ao olhar as próprias células ou linhas é importante aprimorar a visão para verificar três fluxos que são:

- A informação está fluindo?
 - Os trabalhadores envolvidos conhecem a meta de produção por hora trabalhada?

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

- Com que velocidade é percebido os problemas e não conformidades do processo pelos envolvidos?
- Qual é o passo que está sendo tomado quando ocorre alguma anormalidade?
- b) O material está fluindo?
 - O material envolvido no processo está fluindo de uma etapa que agrega valor a outra etapa que também agrega valor?
- c) Os operadores estão fluindo?
 - Eles realizam um trabalho consistente em cada ciclo?
 - O operador está indo de maneira eficiente de uma etapa para outra, onde ambas agregam valor?

É importante ter uma visão direcionada para esses pontos levantados ao chegar na análise inicial. Quando um processo está desarticulado, isto é, gerando pequenos desperdícios diariamente e que podem passar despercebidos, é importante ter uma atenção mais direcionada.

Em algumas situações, uma linha desarticulada dificulta a visualização quando ocorre um problema, pois as outras linhas seguem em pleno funcionamento ocultando o que não está agregando valor. O resultado só é percebido ao final da produção quando as metas estabelecidas não são alcançadas e o volume fica abaixo.

A administração tem um papel importante na melhoria do fluxo de valor. Os colaboradores no chão de fábrica têm a responsabilidade de não cometer desperdícios, porém suas atividades se restringem ao operacional. Apenas a administração tem a competência de visualizar o fluxo total, pelo fato dele percorrer por diferentes setores e funções.

Algumas constatações são definidas por Rother & Shook (1999) relacionadas ao sucesso na melhoria do fluxo de valor:

- a) Eliminar o excesso de produção através de um trabalho constante entre os envolvidos. Existe uma relação direta entre eliminar o excesso de produção e ter um excelente fluxo de produção;
- b) Adaptar os princípios da produção enxuta para o ambiente que se deseja trabalhar. Aliado com a disposição de tentar, falhar e aprender com o erro que irá ocorrer.

A comunicação entre as equipes e em todos os níveis hierárquicos auxilia para que seja disseminado o conceito. A prioridade nas ações e reuniões diárias podem ser um instrumento positivo dentro da organização e das equipes.

Além disso, com todos os setores alinhados, o processo pode fluir melhor. Se a produção está realizando suas tarefas dentro do tempo estabelecido, é importante que a manutenção atenda dentro do tempo esperado, que a qualidade atue com a rapidez esperada, o almoxarifado entregue a matéria prima no prazo, e todos os outros setores envolvidos no fluxo também.

Os autores Rother & Shook (1999) em seu trabalho realizado como base do mapeamento do fluxo de valor, instruem que os fluxos enxutos devem ser feitos respeitando as pessoas envolvidas.

Então, com uma abordagem respeitosa a empresa poderá ser beneficiada em diversos fatores, como na melhoria do ambiente de trabalho, na confiança do colaborador em realizar suas tarefas, maior confiança entre a parte da administração e o chão de fábrica, e também um senso de realização no trabalho.

Na aplicação prática, existem *cases* de sucesso quando utilizado o mapeamento do fluxo de valor para redução de desperdícios. Como por exemplo, no estudo de caso relatado por Pereira

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

et. al (2019), foi possível mapear os gargalos e aplicar melhorias que puderam aumentar em 20% o OEE da fábrica de injeção através do mapeamento do fluxo de valor.

Em outro estudo, no artigo de Muñoz-Villamizar et. al (2019), foi realizado um estudo de caso em uma empresa automotiva na Espanha. O mapeamento do fluxo de valor fez com que fosse encontrada uma falta de integração prática entre o desempenho produtivo e o ambiental. Com isso, resultados interessantes foram oferecidos para os gestores tomarem decisões e também aprimorarem seus processos para resultar numa influência positiva no desempenho financeiro.

Logo, pode-se perceber que o *Value stream mapping* é uma técnica agregadora que auxilia a enxergar melhor o processo, e consequentemente ações que poderão ser feitas e atitudes que podem ser tomadas para melhorar a produção e reduzir desperdícios, seja de tempo, de resíduos, ociosidade, questões ambientais, entre outros.

Em resumo, o foco de todo o mapeamento é o cliente final. É o que o cliente necessita e como será entregue a ele da melhor maneira possível. Portanto, a qualidade, produção, mapeamento de valor estão todos interligados por um objetivo comum, que é a entrega de valor ao cliente.

2.3 Desperdícios no Processo Produtivo

Basicamente, no Lean Manufacturing, são identificados sete tipos de desperdícios clássico, que são:

- a) Superprodução: Produzir mais do que o necessário ou antes do tempo demandado;
- b) Espera: Tempo ocioso em que recursos ou máquinas ficam parados, esperando por atividades subsequentes;
- c) Transporte: Movimentação excessiva de materiais entre processos, sem agregar valor;
- d) Processamento excessivo: Realizar etapas de processamento desnecessárias;
- e) Estoques: Manutenção de estoques excessivos de matérias-primas, produtos em processo ou acabados;
- f) Movimentação: Movimentação desnecessária de operadores ou equipamentos;
- g) Defeitos: Produção de itens defeituosos, que necessitam de retrabalho ou são descartados.

O MFV permite identificar esses desperdícios, oferecendo uma base sólida para a melhoria contínua.

2.4 Indústria 4.0 e Suas Tecnologias

A **Indústria 4.0** é caracterizada pela integração de tecnologias digitais avançadas nos processos industriais. Entre as tecnologias mais relevantes para a transformação da manufatura estão:

- a) **Internet das Coisas (IoT):** Sensores e dispositivos conectados que permitem o monitoramento e controle em tempo real de máquinas e processos;
- b) **Big Data e Análise de Dados:** Capacidade de coletar, armazenar e analisar grandes volumes de dados para insights preditivos e prescritivos;
- c) **Inteligência Artificial (IA):** Algoritmos avançados capazes de tomar decisões com base em padrões e previsões, otimizando processos produtivos;
- d) **Robótica e Automação:** Uso de robôs e sistemas automatizados para melhorar a eficiência operacional;

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

- e) **Manufatura Aditiva (Impressão 3D)**: Produção de peças e componentes de forma mais ágil e flexível;
- f) **Realidade Aumentada (RA) e Virtual (RV)**: Ferramentas que permitem a visualização de processos e manutenção em ambientes virtuais.

Essas tecnologias são capazes de transformar o ambiente produtivo, tornando-o mais ágil, flexível e responsivo às demandas de mercado.

2.5 Integração do MFV com as Tecnologias da Indústria 4.0

A integração do **MFV** com as tecnologias da **Indústria 4.0** pode revolucionar o modo como os fluxos de valor são analisados e gerenciados. O uso de **IoT** e **Big Data** permite a coleta de dados em tempo real sobre o desempenho das máquinas e processos, enquanto a **IA** pode ser utilizada para identificar padrões e prever ineficiências. A automação pode eliminar atividades manuais e melhorar a fluidez do processo, e ferramentas como **Realidade Aumentada** podem auxiliar na visualização dos fluxos de valor de maneira mais intuitiva.

2.6 Metodologia do Mapeamento do Fluxo de Valor

O processo de aplicação do MFV segue uma sequência lógica de etapas, que devem ser seguidas rigorosamente para obter os melhores resultados. As etapas básicas incluem: a Seleção do Produto ou Serviço a Ser Mapeado, a Coleta de Dados e o Desenho do Mapa do Estado Atual.

2.7 Seleção do Produto ou Serviço a Ser Mapeado

O primeiro passo na aplicação do MFV é selecionar um produto ou serviço específico, que seja representativo do fluxo de valor da organização. Muitas vezes, é útil selecionar um produto de alto volume de produção ou um que tenha impacto significativo nos resultados financeiros da empresa.

2.8 Coleta de Dados

A etapa seguinte envolve a coleta de dados sobre o fluxo de produção, incluindo informações como:

- a) Tempos de ciclo (tempo que cada operação leva para ser concluída);
- b) Lead time (tempo total necessário para o produto atravessar o processo produtivo);
- c) Níveis de estoque (quantidade de matéria-prima, produtos em processo e produtos acabados);
- d) Frequência de transporte e movimentação de materiais;
- e) Paradas e tempos ociosos.

Esses dados são essenciais para a criação do mapa do fluxo de valor.

2.9 Desenho do Mapa do Estado Atual

Com os dados em mãos, é criado o mapa do estado atual, que é uma representação gráfica de todas as etapas do processo, desde a matéria-prima até o produto final. O mapa é geralmente construído usando símbolos padronizados, como caixas para operações e setas para indicar o fluxo de materiais e informações.

2.10 Análise do Estado Atual

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

Após o desenho do mapa do estado atual, inicia-se a fase de análise. Nesta etapa, são identificados os desperdícios e as ineficiências em cada parte do processo. A equipe de análise deve buscar por tempos ociosos, gargalos, movimentação desnecessária e quaisquer atividades que não estejam agregando valor ao produto final.

2.11 Desenho do Mapa do Estado Futuro

Com base nas melhorias sugeridas pela análise do estado atual, é criado o mapa do estado futuro. Este mapa representa a visão otimizada do processo produtivo, com a eliminação ou redução de desperdícios, melhoria nos fluxos e reorganização de etapas.

2.12 Implementação e Monitoramento

Por fim, as melhorias propostas são implementadas, e o novo fluxo de produção é monitorado continuamente para garantir que os benefícios esperados estejam sendo alcançados. O MFV é uma ferramenta dinâmica e deve ser atualizado regularmente à medida que o processo produtivo evolui.

2.13 Aplicações Práticas do MFV

O MFV pode ser aplicado em uma ampla gama de setores industriais, desde manufaturas de grande porte até pequenas e médias empresas. Abaixo, são apresentados alguns exemplos de como o MFV tem sido aplicado com sucesso.

2.13.1 Setor Automotivo

No setor automotivo, o MFV é amplamente utilizado para melhorar o fluxo de produção nas linhas de montagem. Um exemplo clássico é a Toyota, que utiliza o MFV como parte de seu sistema de produção enxuta para reduzir tempos de ciclo e eliminar desperdícios. Empresas automotivas de outros países também adotaram o MFV para melhorar a eficiência e reduzir os tempos de entrega.

2.13.2 Indústria de Alimentos e Bebidas

Na indústria de alimentos e bebidas, o MFV tem sido utilizado para otimizar as operações de manufatura e cadeia de suprimentos. O tempo de ciclo e os estoques excessivos são desafios comuns neste setor, e o MFV pode ajudar a reduzir os tempos de produção e melhorar a agilidade no atendimento às demandas do mercado.

2.13.3 Indústria de Eletrodomésticos

Fabricantes de eletrodomésticos enfrentam desafios com tempos de espera entre processos e excesso de movimentação de produtos. A aplicação do MFV em empresas desse setor tem resultado em reduções significativas de tempos de entrega e aumento na produtividade.

2.14 Benefícios do Mapeamento do Fluxo de Valor

A aplicação do MFV oferece diversos benefícios para as empresas, entre os quais se destacam:

- a) Visibilidade dos Processos: O MFV fornece uma visão clara e abrangente dos fluxos de materiais e informações dentro da empresa;

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

- b) Redução de Desperdícios: Identificação e eliminação de atividades que não agregam valor, resultando em maior eficiência;
- c) Melhoria Contínua: O MFV promove a cultura de melhoria contínua, incentivando a busca constante por otimizações;
- d) Redução de Estoques: Com o MFV, as empresas podem ajustar seus estoques para atender à demanda sem excesso de armazenamento;
- e) Aumento da Produtividade: Ao eliminar desperdícios e otimizar o fluxo de produção, as empresas podem produzir mais com menos recursos.

2.15 Limitações e Desafios

Apesar de seus muitos benefícios, o MFV não está isento de desafios. Entre as limitações mais comuns estão:

- a) Complexidade em Processos Altamente Customizados: Empresas que produzem sob demanda ou possuem processos altamente personalizados podem enfrentar dificuldades em aplicar o MFV de maneira eficaz;
- b) Necessidade de Dados Precisos: O sucesso do MFV depende da coleta precisa de dados sobre tempos de ciclo, estoques e outros indicadores de desempenho;
- c) Capacitação da Equipe: Para a aplicação bem-sucedida do MFV, é necessário que a equipe esteja treinada e capacitada a identificar e implementar melhorias.

Ao analisarmos as limitações e os desafios acima listados, é possível verificar que a implementação de projetos da Indústria 4.0 é reduz, ou mesmo elimina, estes problemas.

A personalização da produção é um dos diferenciais que as tecnologias da Indústria 4.0 introduzem nos processos produtivos, e suas tecnologias habilitadoras permitem o monitoramento de equipamentos e processos. Por meio deste monitoramento, a aquisição de dados precisos das operações das linhas de produção é realizada em tempo real, permitindo alimentar as aplicações que alimentam o MFV. A implementação de projetos de I4.0 exige uma formação qualificada dos recursos humanos da empresa, permitindo não só a implantação destas tecnologias como para utilizar as informações oferecidas pela tecnologia para melhorar e aprimorar os processos produtivos.

Desta forma, as tecnologias da Indústria 4.0 e as ferramentas de suporte à administração da produção, elimina grande parte de suas limitações e desafios do MFV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Proposta de Metodologia para a implementação do MFV

A proposta deve adotar uma abordagem exploratória e descritiva para investigar a integração do MFV com as tecnologias da Indústria 4.0. A pesquisa deve ser conduzida em três fases principais:

- a) **Revisão da literatura:** Nesta fase deverá ser realizada uma análise de artigos, publicações científicas e relatórios industriais para fundamentar teoricamente o estudo, alinhando a aquisição do conhecimento teórico à área de atuação da empresa;
- b) **Estudo de caso:** A segunda fase corresponde a aplicação prática do MFV na indústria em que as tecnologias da Indústria 4.0 devam ser implementadas, e onde deverá ser realizada a observação e o levantamento de todos os dados necessários para a realização do projeto;

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

- c) **Análise de resultados:** Avaliação dos ganhos em eficiência e redução de desperdícios após a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 no processo de mapeamento.

3.2 Elaboração da proposta de execução de um Estudo de Caso com Aplicação do MFV em uma empresa de injeção plástica com IoT e Big Data

3.2.1 Contexto da Empresa

Nesta etapa deverá ser realizada uma análise detalhada da empresa, de forma a identificar os desafios que vem enfrentando. Para fins de elaboração da proposta de ação, serão propostos alguns desperdícios relacionados ao Lean, e foram selecionados problemas com relação ao tempo de setup, excesso de estoque e falhas recorrentes nas máquinas, levando a altos custos operacionais e perda de competitividade.

3.2.2 Aplicação do MFV

Para o caso proposto, o primeiro passo será a criação do **mapa do fluxo de valor atual**. O fluxo de produção deve ser dividido em três etapas principais: preparação de matéria-prima, injeção e montagem. Na análise realizada, devem ser identificados todos os desperdícios, como espera excessiva entre etapas, tempos de setup elevados e retrabalho devido a falhas de qualidade.

3.3 Integração com IoT e Big Data

Para melhorar o processo, podem ser implementados sensores IoT em todas as máquinas da linha de produção. Esses sensores irão coletar dados em tempo real sobre o tempo de ciclo, tempo de parada, consumo de energia e falhas mecânicas. As informações devem ser enviadas para um sistema de análise de **Big Data**, que permitia monitorar o desempenho de cada máquina e prever possíveis falhas com antecedência, evitando paradas inesperadas.

3.4 Resultados Após a Integração

Com a implementação do MFV aliado às tecnologias da Indústria 4.0, a empresa deve experimentar uma série de melhorias significativas como:

- Redução do tempo de setup:** A análise em tempo real permitiu que ajustes de máquinas fossem feitos de forma mais eficiente, reduzindo o tempo de preparação para novos lotes;
- Diminuição nas falhas de máquina:** O monitoramento constante e a previsão de falhas através de dados históricos possibilitaram a manutenção preventiva de forma mais eficaz;
- Melhora no lead time:** A otimização do fluxo de produção reduziu o tempo de espera entre as etapas e acelerou a entrega final do produto.

3.5 Discussão

A aplicação do **MFV** em combinação com tecnologias da **Indústria 4.0** já se mostrou extremamente eficaz em melhorar os processos produtivos. O uso de **IoT** e **Big Data** fornece informações detalhadas e em tempo real, que, quando integradas ao MFV, aumentam a visibilidade e o controle sobre os processos. Além disso, a **IA** é fundamental para analisar os dados e identificar tendências e padrões ocultos, o que seria inviável com métodos tradicionais.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

Apesar dos resultados positivos, alguns desafios já foram identificados, como a necessidade de investimentos iniciais em infraestrutura tecnológica e a capacitação da equipe para lidar com as novas ferramentas digitais. Além disso, a integração dessas tecnologias requer um processo contínuo de adaptação, com ajustes frequentes nas operações e na análise dos dados coletados.

4. CONCLUSÃO

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta poderosa que, quando aplicada corretamente, pode transformar processos produtivos, aumentando a eficiência e reduzindo custos. Sua aplicação em diferentes setores industriais demonstra sua eficácia na eliminação de desperdícios e promoção da melhoria contínua. No entanto, o sucesso da implementação do MFV depende da coleta adequada de dados, da capacitação da equipe e da disposição para monitorar e ajustar continuamente o processo. À medida que as indústrias enfrentam novos desafios de competitividade global, o MFV continuará sendo uma ferramenta fundamental para alcançar a excelência operacional.

Este artigo demonstrou como a integração entre o **Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)** e as tecnologias da **Indústria 4.0** pode potencializar a eficiência dos processos produtivos. O uso de ferramentas como **IoT**, **Big Data** e **Inteligência Artificial** permite a coleta e análise de dados em tempo real, promovendo uma gestão mais eficaz dos recursos e a eliminação de desperdícios.

No estudo de caso apresentado, a empresa analisada obteve melhorias significativas em termos de produtividade, tempo de ciclo e manutenção de máquinas, comprovando a eficácia dessa integração. À medida que as tecnologias da Indústria 4.0 se tornam mais acessíveis, espera-se que a combinação com ferramentas Lean, como o MFV, se torne um padrão nas indústrias, elevando ainda mais o nível de competitividade e inovação.

REFERÊNCIAS

- Campos, V.F. (2004). Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Nova Lima – MG. INDG Tecnologia e Serviços Ltda.
- Cheung, W. M.; Leong, J.; Vichare, P. (2017). Incorporating lean thinking and life cycle assessment to reduce environmental impacts of plastic injection moulded products, *Journal of Cleaner Production*, Volume 167, Pages 759-775.
- Deming, W.E., (1982). *Quality, Productivity and Competitive Position*, Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study.
- Denny, E.; Weckesser, A. (2019). Qualitative research." *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 126 (3), 369.
- Garza-Reyes, J.A.; Romero, J. T.; Govindan, K.; Cherrafi, A.; Ramanathan, U. (2018). A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM), *Journal of Cleaner Production*, Volume 180, Pages 335-348.
- Goshime, Y.; Kitaw, D.; Jilcha, K. (2018). Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction: A literature review on metals and engineering industries. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Héroux, E. M. (2018). Valuing and adequately reporting exploratory research." *Journal of neurophysiology* 120.2, 880-881.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

- Juran, J. M.; Godfrey, A., B. (1998). Juran's Quality Handbook. New York: McGraw Hill.
- Kumar, R. (2019). Kaizen a tool for continuous quality improvement in Indian manufacturing organization. International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, v. 4, n. 2, p. 452-459.
- Moser, A.; Korstjens, I. (2017). Series: Practical guidance to qualitative research. Part 1: Introduction. European Journal of General Practice 23.1, 271-273.
- Muñoz-Villamizar, A.; Santos, J.; Garcia-Sabater, J.J.; Lleo, A.; Grau, P. (2019). Green value stream mapping approach to improving productivity and environmental performance, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 68 No. 3, pp. 608-625.
- OHNO, Taiichi (1988) O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997 (edição norte-americana de 1988 e primeira edição japonesa de 1978).
- Psomas, E.; Antony, J. (2019). Research gaps in Lean manufacturing: a systematic literature review. International Journal of Quality & Reliability Management.
- Rother, M.; Harris, R. (2001). Creating Continuous Flow An Action Guide for Managers, Engineers and Production Associates. The Lean Enterprise Institute.
- Rother, M.; Shook, J. (1999). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate. Lean Enterprise Institute.
- Stadnicka, D.; Litwin, P. (2019). Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis" International Journal of Production Economics, Volume 208, Pages 400-411.
- Womack J. P.; Jones D. T.; Roos D. (1990). The machine that changed the world. Rawson Associates, New York.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição