

Lean Manufacturing na Identificação e Eliminação de Desperdícios: Um Estudo de Caso em Usinagem

Lean Manufacturing in the Identification and Elimination of Waste: A Case Study in Machining

Recebido: 10/01/2024 – Aprovado: 15/08/2024

Processo de Avaliação: Double Blind Review

¹Fernando Rodrigo Souza

¹Faculdade de Tecnologia de Sorocaba

fernando.souza59@fatec.sp.gov.br

<https://orcid.org/0000-0003-2874-5680>

Resumo

Objetivo: este estudo tem como objetivo principal analisar os desperdícios no processo produtivo de uma empresa de usinagem, aplicando os princípios do *Lean Manufacturing* para identificar e eliminar ineficiências.

Diagnóstico da problematização: o foco da investigação reside nos desafios enfrentados pela empresa, especialmente, relacionados às peças ABC1 e ABC2, que apresentam problemas como superprodução, estoques excessivos e tempos de espera prolongados.

Metodologia/ abordagem: foi adotada a metodologia de estudo de caso, utilizando o conceito *Genchi Genbutsu* para realizar visitas diretas ao chão de fábrica, coletando dados sobre o fluxo de trabalho e identificando desperdícios em cada etapa do processo produtivo.

Resultados: os resultados indicaram a presença de diversos desperdícios, incluindo perdas por transporte ineficiente, estoques desnecessários, tempos de espera entre operações, movimentação excessiva de materiais, produção em excesso e necessidade de retrabalho de peças. Propôs-se a aplicação do conceito *Heijunka* para nivelar a produção e otimizar o fluxo de trabalho.

Contribuições: as contribuições significativas incluem a aplicação prática dos princípios do *Lean Manufacturing* em um contexto real, demonstrando sua eficácia na identificação e eliminação de desperdícios específicos da indústria de usinagem, oferecendo *insights* valiosos para empresas que buscam melhorar sua eficiência operacional e competitividade.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Desperdícios, Competitividade.

Abstract

Objective: This study aims to analyze waste in the production process of a machining company, applying the principles of *Lean Manufacturing* to identify and eliminate inefficiencies.

Revista CINTEC n. 2, 116-131, nov. 2024; abr., 2025. DOI: 10.23925/cintec.v2i2.65171

Problem Diagnosis: The investigation focuses on the challenges faced by the company, particularly concerning parts ABC1 and ABC2, which exhibit issues such as overproduction, excessive inventory, and prolonged waiting times.

Methodology/Approach: A case study methodology was adopted, utilizing the Genchi Genbutsu concept to conduct direct visits to the shop floor, collecting data on workflow and identifying waste at each stage of the production process.

Results: The results indicated the presence of various wastes, including losses due to inefficient transportation, unnecessary inventory, waiting times between operations, excessive material handling, overproduction, and the need for rework on parts. The application of the Heijunka concept was proposed to level production and optimize workflow.

Contributions: Significant contributions include the practical application of Lean Manufacturing principles in a real context, demonstrating their effectiveness in identifying and eliminating specific wastes within the machining industry, while offering valuable insights for companies seeking to enhance their operational efficiency and competitiveness.

Keywords: Lean Manufacturing, Waste, Competitiveness.

1. Introdução

A melhoria da eficiência nos sistemas produtivos é um fator crítico para a sobrevivência e o desenvolvimento sustentável das indústrias, bem como para a competitividade de um país em um mundo globalizado altamente competitivo (Confederação Nacional da Indústria, 2019). No cenário atual, marcado por uma dinâmica incessante e por mudanças rápidas nos cenários econômicos e tecnológicos, as empresas enfrentam desafios sem precedentes. Essas mudanças criam demandas por respostas cada vez mais ágeis, o que, por sua vez, desafia a capacidade das organizações em se manterem competitivas frente aos seus concorrentes.

Nesse contexto de evolução constante, as empresas estão continuamente em busca de maneiras de maximizar seus lucros, produzir com alta qualidade e custos reduzidos, enquanto, ao mesmo tempo, buscam aprimorar sua flexibilidade e tempo de resposta às necessidades dos clientes. A pressão para melhorar a eficiência e a eficácia nos processos de produção é constante.

No entanto, a aplicação bem-sucedida dos princípios do *Lean Manufacturing* não é trivial e requer uma compreensão profunda desses princípios e sua adaptação às necessidades específicas de cada organização. A implementação do *Lean Manufacturing* pode resultar em melhorias significativas na produtividade, qualidade e eficiência, mas também pode encontrar desafios e obstáculos ao longo do caminho.

Este artigo tem como objetivo identificar os desperdícios em um sistema produtivo e propor ações para sua eliminação por meio da aplicação dos conceitos de *Lean Manufacturing*. O escopo deste trabalho se limita a um diagnóstico da situação atual do sistema de produção, incluindo sugestões de melhorias. Portanto, não será abordado o acompanhamento das ações sugeridas nem os resultados alcançados após a implementação. A análise crítica desses resultados e a exploração das estratégias para superar os desafios são temas que podem ser abordados em futuras pesquisas, aprofundando ainda mais nosso entendimento das

complexidades da implementação do *Lean Manufacturing* em ambientes industriais dinâmicos e altamente competitivos.

2. Referencial teórico

2.1. *Lean Manufacturing*

O conceito moderno de *Lean Manufacturing* (LM) tem como marco principal o Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido pelos engenheiros japoneses Taiichi Ohno & Shingeo Shingo, sendo posteriormente adotado por diversas empresas japonesas devido à crise do petróleo de 1973 (Bhamu & Sangwan, 2014, Monde, 2015). O STP visa a obtenção de lucro por meio da redução de custos e do aumento da produtividade, alcançados por meio da eliminação de desperdícios como o excesso de estoque e de pessoal (Monden, 2015).

Este artigo adotará o conceito proposto por Womack, Jones & Ross (2023), que o descreve o *Lean Manufacturing* como um processo dinâmico de mudanças orientado por princípios e melhores práticas sistemáticas, visando a melhoria contínua e a eliminação de desperdícios.

A redução de custos operacionais é uma etapa crucial no contexto do LM, alcançada pela eliminação ou redução dos desperdícios, também conhecidos como "Muda" em japonês. Shingo (2019) definiu sete categorias de desperdícios para auxiliar na identificação desses problemas.

Tabela 1

Categorias de desperdícios

| Desperdício (<i>Muda</i>) | Conceito |
|----------------------------------|--|
| Superprodução | Produzir mais do que cliente necessita no momento. |
| Espera | Tempo ocioso pelo fato de materiais, pessoas, equipamentos ou informações não estarem prontos. |
| Transporte | Movimento do produto que não agrega valor. |
| Processo | Esforço que não agrega valor do ponto de vista do cliente. |
| Estoque | Mais materiais, peças ou produtos disponíveis do que o cliente necessita no momento. |
| Movimentação | Movimento de pessoas que não agregam valor. |
| Produtos defeituosos | Trabalho que contém erros, retrabalho, enganos ou falta de algum insumo necessário. |

Fonte: Adaptado de Shingo (2019).

Os engenheiros da Toyota, Eiji Toyoda & Taiichi Ohno, ao reconhecerem a inviabilidade dos sistemas de produção em massa após a Segunda Guerra Mundial no Japão, deram origem ao STP. Esse sistema revolucionou a produção automobilística e superou o modelo tradicional de produção em massa.

O termo *Lean Manufacturing* surge a partir do estudo realizado por James P. Womack, Daniel T. Jones & Daniel Roos no Massachusetts Institute of Technology (MIT), com o objetivo de revitalizar a indústria automobilística por meio do Programa Internacional de Veículos Automotores (IMVP). Esse estudo, de alcance global e detalhado, resultou no livro "A Máquina que Mudou o Mundo", que descreve como o Japão se destacou na indústria automobilística ao adotar os princípios do STP ou *Lean Manufacturing* (Womack, Jones & Roos, 2023).

A palavra "muda", em japonês, representa desperdício ou perda, abrangendo atividades que consomem recursos sem criar valor. Entre essas atividades, destacam-se retrabalhos, produção sem demanda, acúmulo de estoques, etapas de processamento desnecessárias, movimentação de funcionários e transporte sem propósito, bem como a produção de bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente (Womack & Jones, 2023).

De acordo com Shingo (2019), o LM concentra-se na eliminação sistemática dos sete tipos de perdas, que incluem superprodução, espera do processo e do lote, transporte, processamento desnecessário, estoques excessivos, movimentos desnecessários dos trabalhadores e retrabalho de produtos não conformes. Algumas técnicas, métodos e ferramentas *lean* estão listados na Tabela 2 com suas definições.

Tabela 2

Definições dos elementos do lean manufacturing

(continua)

| Técnicas/ Métodos/Ferramentas | Definição |
|--|---|
| <i>Just-in-time</i> (JIT) | Significa basicamente produzir as unidades necessárias nas quantidades necessárias dentro do tempo necessário. |
| <i>Kaizen</i> | São pequenas melhorias que ocorrem continuamente na organização por meio da participação de todos, usando círculos de controle de qualidade e sistemas de sugestões. |
| <i>Poka-yoke</i> | É um dispositivo introduzido na máquina ou na linha de produção que previne produtos defeituosos, agindo como um dispositivo à prova de erros. |
| Gestão da Qualidade Zero Defeito (GQZD) | Definido como o desenvolvimento, o projeto e a fabricação de produtos que irão satisfazer as necessidades dos consumidores ao menor custo possível. |
| <i>Layout</i> celular | A essência desse <i>layout</i> é o agrupamento de uma família de peças em um fluxo linear, usualmente em forma de U. Geralmente, conferem a flexibilidade para se aumentar ou diminuir o número de trabalhadores necessários para se adaptar às mudanças de demandas. |
| Fluxo contínuo/unitário | Consiste da introdução de cada unidade à linha, equilibrada pela finalização de outra unidade de produto acabado, conforme encomendado pelas operações dentro de um <i>takt</i> time. |
| <i>Takt</i> time | Consiste da produção e disponibilização de cada unidade de produto em conformidade com o seu próprio intervalo de tempo dentro do qual uma unidade do produto possa ser vendida em média. Considerado um fator primordial para que haja sincronização da produção. |
| Sistema <i>kanban</i> | Sistema que gerencia o JIT, sendo um sistema de informações para controle que permite puxar a produção em cada processo. |

(continuação)

| Técnicas/ Métodos/Ferramentas | Definição |
|---|---|
| Troca Rápida de Ferramentas (TRF) | Técnica que viabiliza a redução dos tempos de <i>setup</i> . Para que ocorra a redução desse tempo, deve-se planejar a conversão do <i>setup</i> interno (atividades de preparação com a máquina parada) em <i>setup</i> externo (atividades de preparação com a máquina em funcionamento). |
| Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) | Consiste de pequenos grupos formados por trabalhadores que estudam espontânea e continuamente conceitos e técnicas de controle de qualidade a fim de oferecer soluções para problemas em seu local de trabalho. |

Fonte: Adaptado de Monden (2015).

O *Lean Manufacturing*, fundamentado no Sistema Toyota de Produção, busca a eliminação de desperdícios para aumentar a eficiência e a competitividade nas indústrias. No entanto, a definição precisa de LM ainda gera debate entre os autores, mas a abordagem de Womack, Jones & Ross (2023) é amplamente aceita. A identificação e eliminação dos sete tipos de perdas, conforme definidos por Shingo (2019), são essenciais para alcançar os objetivos do LM.

2.2 *Lean Manufacturing*: Princípios e Ferramentas

O *Lean Manufacturing*, um sistema amplamente adotado na gestão de produção, baseia-se em cinco princípios fundamentais que são cruciais para a eliminação das ineficiências e o aprimoramento do desempenho no processo produtivo (Womack & Jones, 2023). Esses princípios, detalhados a seguir, são essenciais para a busca da excelência operacional:

- **Valor:** este princípio coloca o foco no cliente, enfatizando que o valor é definido a partir da perspectiva do cliente. Embora o valor seja criado pelo produtor, ele deve ser compreendido e alinhado com as expectativas do cliente. Portanto, as empresas precisam entender profundamente o valor que o cliente atribui aos produtos e serviços que oferecem.
- **Fluxo de Valor:** o segundo princípio envolve o mapeamento e análise minuciosa do fluxo de informações, materiais e processos necessários para a produção de um produto. Isso visa identificar e categorizar os processos em três tipos: aqueles que realmente agregam valor ao produto, aqueles que, embora não agreguem valor, são necessários para a manutenção da qualidade e dos processos, e aqueles que não contribuem com valor e devem ser eliminados.
- **Fluxo Contínuo:** Este princípio busca a redução do tamanho dos lotes de produção, buscando idealmente a produção de uma única unidade de cada vez. O fluxo contínuo é fundamental para reduzir defeitos, minimizar o tempo ocioso dos funcionários e encurtar o tempo total de processamento de materiais. Além disso, promove o trabalho em equipe e a colaboração ao longo do processo produtivo.
- **Produção Puxada:** A produção puxada é a essência da produção conforme a demanda. Significa que os produtos são fabricados somente quando há uma demanda real por eles,

evitando a geração excessiva de estoques intermediários e produtos acabados. Isso ajuda a evitar desperdícios e otimiza os recursos.

- Busca pela Perfeição: o quinto princípio enfatiza a busca contínua pela melhoria. As empresas devem estar constantemente empenhadas em aprimorar seus processos, aumentando a eficiência e a eficácia. A perfeição é uma meta que nunca é plenamente alcançada, mas a jornada em direção a ela leva a melhorias significativas ao longo do tempo.

Além desses princípios, algumas ferramentas e técnicas são comumente empregadas no *Lean Manufacturing* para implementar e sustentar esses conceitos:

- *Genchi Genbutsu*: significa "ver por si mesmo para compreender a situação". Isso envolve a prática de visitar o local de produção para obter *insights* diretos sobre os processos (Liker, 2021).
- Mapa de Fluxo de Valor (*Value Stream Map* - VSM): É uma ferramenta visual que representa todas as etapas do processo de produção, desde o cliente até o fornecedor. O VSM permite uma compreensão clara do fluxo de materiais e informações (Rother & Shook, 2016).
- *Heijunka*: traduzido como "produção nivelada", esse conceito busca a estabilidade do processo, a redução de estoques, custos e *lead time* de produção, que é o tempo decorrido desde o início de um processo até a conclusão ou entrega do resultado final, geralmente usados para medir o tempo de resposta ou execução em contextos como produção, logística e projetos (Liker, 2021).
- Trabalho Padronizado: visa garantir que as atividades sejam realizadas em uma sequência padronizada e em intervalos de tempo definidos (Nishida, 2007).
- 5S: uma abordagem que promove a limpeza, organização e padronização do local de trabalho, criando um ambiente de produção seguro e eficiente (Randhawa & Ahuja, 2017).
- Troca Rápida de Ferramenta (TRF) ou *Single Minute Exchange of Die* (SMED): uma técnica para minimizar os tempos de configuração de máquinas e equipamentos, permitindo a produção eficiente em lotes mínimos (Shingo, 2019).
- Jidoka: refere-se à capacidade de parar automaticamente um processo quando ocorre um problema de mau funcionamento da máquina ou qualidade (Baudin, 2007).

A implementação eficaz desses princípios, ferramentas e técnicas *lean* pode levar a uma produção mais eficiente, menos desperdício e maior satisfação do cliente. No entanto, é importante reconhecer que a adoção do *Lean Manufacturing* também apresenta desafios, como a necessidade de uma mudança cultural nas organizações e a exigência de um compromisso constante com a melhoria contínua. É crucial que as empresas compreendam completamente esses princípios e ferramentas e os apliquem de maneira adequada e consistente em seus processos de produção.

2.3 Diagrama “Casa do Sistema Toyota de Produção”

O diagrama "Casa do Sistema Toyota de Produção", apresentado na Figura 1, é uma representação que vai além de uma simples coleção de técnicas; ele representa um sistema sólido (Liker, 2020).

Dentro dessa estrutura, as metas de aprimoramento de qualidade, redução de custos e diminuição do prazo de entrega são visualizadas no telhado da casa, apoiadas por dois pilares fundamentais: *just-in-time* e automação (*jidoka*).

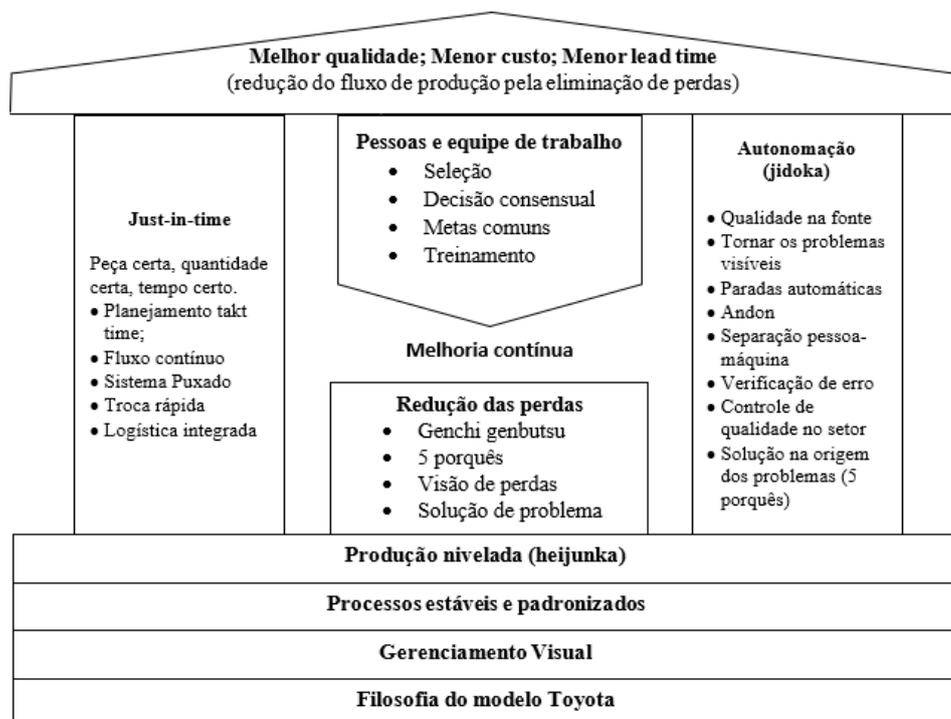
O pilar do *just-in-time*, em um cenário de produção contínua, visa a eliminação de estoques que muitas vezes servem apenas para amortecer eventuais problemas na produção.

O outro pilar, automação (*jidoka*), é uma forma de automação com intervenção humana. Ele se baseia em mecanismos de detecção de anomalias na produção para evitar que defeitos avancem para a próxima etapa.

No centro dessa estrutura estão as pessoas envolvidas nos processos de melhoria contínua. A base da casa é composta pelos princípios que proporcionam estabilidade a toda a estrutura: produção nivelada (*heijunka*), processos padronizados e estáveis, gestão visual e a filosofia dos 4 Ps do modelo Toyota, conforme descrito por Liker (2020).

Figura 1

Diagrama Casa do STP



Fonte: Adaptado de Liker (2020).

No contexto da Casa da Toyota, a estabilidade pode ser relacionada a processos estáveis, ausência de produtos defeituosos e produção alinhada com a demanda. Isso permite a

implementação de ações como *heijunka*, padronização do trabalho e *kaizens*, ou seja, melhorias incrementais (Womack, Jones & Ross, 2023).

Além disso, ao adotar o fluxo contínuo de processos, um *takt time*, que é o tempo disponível para executar uma tarefa ou produzir um item de forma sincronizada com a demanda do cliente, garantindo um fluxo contínuo de trabalho. Geralmente, é calculado dividindo-se o tempo disponível pelo volume de produção necessário para atender à demanda. Também é possível antecipar anomalias, interromper a produção para resolver problemas e implementar a autonomia, permitindo que as máquinas desempenhem algumas atividades em conjunto com os trabalhadores. O Sistema Toyota de Produção (STP) acredita que essas práticas podem levar a melhorias na qualidade, redução de custos e menor tempo de entrega para o cliente (Guinato, 2000).

Outro aspecto fundamental no STP é o constante esforço para eliminar atividades que não agregam valor ao produto, consideradas perdas. Essas perdas devem ser eliminadas ou, quando não for possível, reduzidas ao máximo. Essa redução de desperdícios é alcançada por meio da estabilidade e da melhoria contínua dos processos (Ohno, 2019, Womack, Jones & Ross, 2023). Ohno (2019) classifica as perdas em sete categorias, enquanto Liker (2020) acrescenta uma oitava categoria, destacando o desperdício da criatividade do operador. O operador desempenha um papel fundamental na promoção de mudanças e melhorias em seus processos, pois possui um profundo conhecimento do trabalho diário.

Embora a implementação das ferramentas do *Lean Manufacturing* pareça simples, é importante ressaltar que simplesmente impor a geração de ideias para melhorias não é eficaz. A maneira como essas ideias são introduzidas, a conexão das pessoas com elas e seu comprometimento desempenham um papel crucial nos resultados. Portanto, as pessoas são a parte mais crucial dentro do sistema *lean*.

Empresas que aplicam os conceitos do *lean* geralmente buscam melhorar sua margem de lucro, reduzir custos, aumentar a flexibilidade, reduzir estoques, otimizar a utilização das instalações, reduzir o *lead time*, melhorar a qualidade, a capacidade de resposta ao cliente, a participação de mercado e manter sua competitividade (Zhou, 2016). No entanto, é fundamental reconhecer que o *Lean Manufacturing* não pode ser simplesmente aplicado como um conjunto de técnicas; ele precisa ser contextualizado de acordo com a cultura organizacional e social em que está inserido (James & Jones, 2014).

Para empresas não japonesas, a implementação eficaz do *lean* requer a consideração de critérios como uma política de emprego estável, funcionários comprometidos a longo prazo, fluxo livre de informações, funcionários capacitados para tomar decisões, orientação pragmática e foco nos resultados (Recht & Windorom, 1998). Esses critérios refletem a tentativa de adaptação da cultura organizacional ao estilo japonês, enfatizando a importância do comprometimento, da transparência na comunicação e da autonomia dos funcionários.

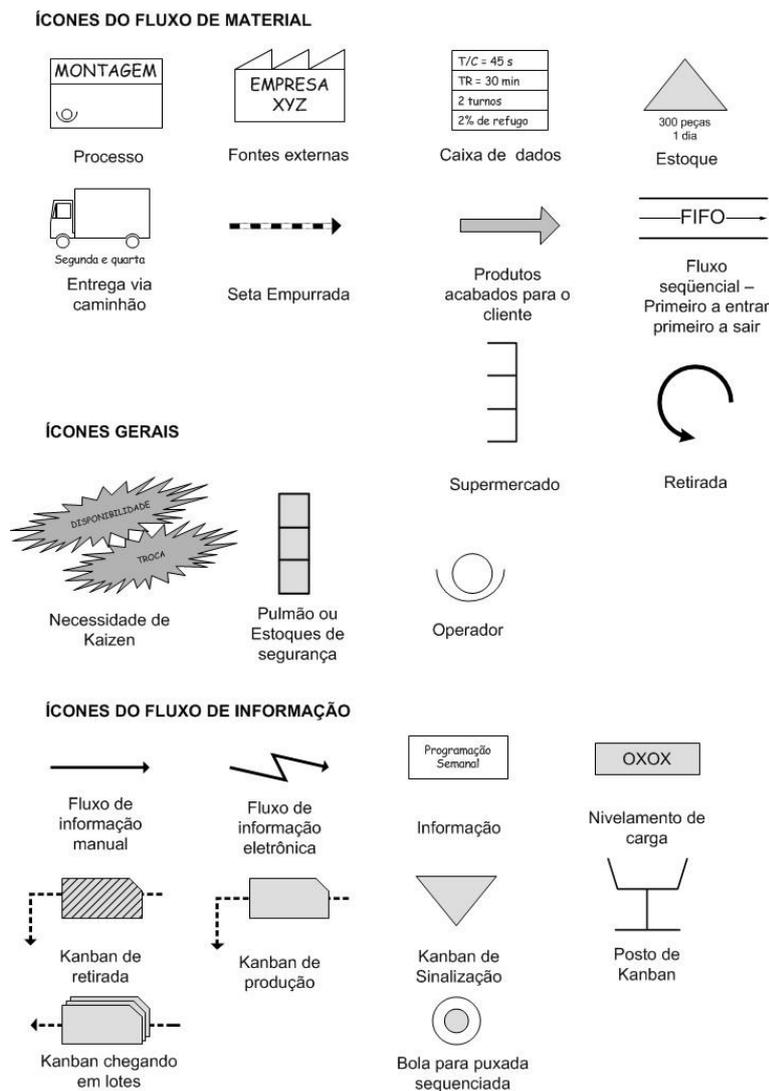
O *Lean Manufacturing* é muito mais do que um conjunto de ferramentas, ele é uma filosofia que envolve pessoas, processos e cultura organizacional. A busca contínua pela eliminação de desperdícios, a valorização do trabalho humano e o comprometimento com a melhoria contínua são elementos-chave para o sucesso na implementação do *lean* em qualquer contexto empresarial.

2.4 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), uma técnica essencial do *Lean Manufacturing*, desempenha um papel significativo tanto dentro das instalações fabris como além dos limites da organização. Essa técnica é definida por Rosentrater & Balamuralikrishna (2006) *apud* Jasti & Sharma (2014) como um método abrangente que identifica todas as atividades que agregam ou não valor, desde o fornecimento de matéria-prima pelo fornecedor até a entrega do produto acabado ao cliente. Serrano, Ochoa & Castro (2008) e Vinodh, Arvind & Somanaathan (2010) complementam essa definição, salientando que o MFV envolve uma análise detalhada dos materiais e informações que fluem por todos os níveis de uma estrutura de produção, permitindo a identificação das fontes de desperdício e orientando a implementação dos princípios *lean*.

Figura 2

Símbolos do MFV



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2016).

Marodin & Saurin (2013), em uma abrangente revisão da literatura, destacam o Mapeamento do Fluxo de Valor como uma das técnicas mais amplamente utilizadas para a implementação do *lean*, resultando frequentemente no aumento da produtividade e na redução do *lead time*. Essa popularidade é atribuída à sua facilidade de uso e foco prático na implementação. Para Jasti e Sharma (2014), o MFV representa uma ferramenta fundamental que auxilia os gestores a compreender as condições atuais de operação e a identificar oportunidades para melhorias de desempenho.

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) utiliza uma variedade de ícones específicos para representar visualmente os estados atual e futuro. Alguns desses ícones estão exemplificados na Figura 2, relacionada.

Os pioneiros do MFV, Rother & Shook (2016), apresentam uma metodologia abrangente para sua aplicação, seguindo um processo de elaboração e desenvolvimento. Começando com a seleção de uma família de produtos, é criado um mapa do estado atual que destaca as áreas passíveis de melhoria. A transição para um estado futuro desejado envolve a implementação de práticas *lean* para otimizar processos e eliminar desperdícios. É por esse motivo que o MFV frequentemente é considerado o ponto de partida para a adoção do *lean*.

Uma das características distintivas do MFV é o uso de ícones específicos para mapear os estados atual e futuro do processo. No entanto, a metodologia original de Rother & Shook ainda é alvo de críticas. Estudos como o de Dal Forno et al. (2014) destacam desafios na implementação do MFV, incluindo a dificuldade de coletar dados precisos do processo, o que pode levar a interpretações excessivamente otimistas ou pessimistas. Abdulmalek & Rajgopal (2007) observam que a definição de um estado futuro no MFV muitas vezes se baseia em crenças e experiências de outras empresas, o que pode não ser convincente o suficiente para os gestores que exigem evidências quantitativas sólidas.

Uma abordagem para tornar o MFV mais dinâmico, superando sua abordagem estática de "fotografia" do estado atual, é a integração da simulação de eventos discretos. A simulação, conforme destacado por McDonald, Van Aken & Rentes (2002), permite a previsão dinâmica de indicadores de desempenho, como níveis de estoque e tempos de trânsito. Gurumurthy & Kodali (2011) e Oliveira, Corrêa & Nunes (2014) também reconhecem as vantagens dessa abordagem, propondo modelos de simulação dentro do contexto do MFV tradicional.

Exemplos de sucesso da integração de simulação e MFV podem ser encontrados em diversos contextos, desde manufatura até áreas não convencionais. A pesquisa de Gurumurthy & Kodali (2011) aplicou a simulação de eventos discretos para analisar o MFV de um processo de fabricação de portas e janelas de PVC. Abdulmalek & Rajgopal (2007) usaram a simulação para quantificar os benefícios da implementação de técnicas *lean* por meio do MFV em processos de produção contínua. Além disso, Lian & Van Landeghem (2007) desenvolveram um gerador de modelos de simulação para o MFV e o aplicaram na indústria de equipamentos para aves e suínos.

A integração da simulação com o MFV também se estendeu a áreas não relacionadas à manufatura. Um exemplo notável é o estudo de Yang et al. (2015), que aplicou o MFV com simulação em um laboratório de análises clínicas para otimizar o processo de exame de sangue. Outra aplicação inovadora foi proposta por Ali, Petersen & França (2015), que combinaram

essas técnicas para melhorar o desenvolvimento de software, explorando cenários alternativos para reduzir o tempo de desenvolvimento.

Esses esforços para integrar simulação e MFV abordam as limitações da abordagem original do MFV. Esta pesquisa, portanto, sugere uma maior exploração dessa integração e a demonstra por meio de um estudo de caso prático.

3. Metodologia

O presente estudo concentra-se em uma empresa de usinagem, em que foram empregadas diversas técnicas de coleta de dados de acordo com a tipologia de Cervo, Bervian & Silva (2007). Essas técnicas incluíram observação direta assistemática, entrevistas informais, observação indireta e análise de documentos específicos da empresa.

A metodologia adotada para a elaboração deste artigo é a do estudo de caso, tendo como foco uma empresa de usinagem. Este método é escolhido por se tratar de uma investigação que examina um evento contemporâneo em um contexto real (YIN, 2014). O objetivo primordial deste estudo de caso é identificar e analisar os desperdícios presentes no sistema produtivo da referida empresa do setor de usinagem. Além disso, busca-se a aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* como base para propor medidas eficazes destinadas à eliminação dos desperdícios identificados.

A seleção do método de estudo de caso se justifica pela relevância da empresa de usinagem no contexto da pesquisa. Esse enfoque permite uma análise aprofundada dos processos da empresa, fornecendo *insights* para identificar desperdícios e sugerir oportunidades de melhoria. Conforme destacado por Yin (2014), o método de estudo de caso desempenha um papel fundamental na compreensão de fenômenos específicos, como os que envolvem uma organização de usinagem.

Por fim, vale ressaltar que a revisão literária desempenha um papel crucial na construção do conhecimento científico, contribuindo para o desenvolvimento de novas teorias e evidenciando lacunas que podem inspirar futuras pesquisas, conforme apontado por Botelho *et al.* (2011).

4. Resultados e Discussões

Uma empresa metalúrgica, localizada em Sorocaba, especializada na produção de peças usinadas para diversos fins, enfrenta desafios em seu processo de produção. O estudo concentra-se nas peças denominadas ABC1 e ABC2, que compartilham semelhanças e são demandadas em quantidades iguais pelo cliente. O processo de fabricação dessas peças inclui etapas como recebimento de peças fundidas em intervalos semanais e quinzenais, usinagem em centro de usinagem dedicado, inspeção de qualidade, embalagem e estocagem das peças, que são retiradas semanalmente pelo cliente. A demanda estipulada é de 100 peças por semana para cada modelo, e a empresa opera com uma jornada de trabalho de 8 horas por dia, cinco dias por semana.

A abordagem inicial para abordar os desafios de produção é a aplicação do conceito japonês *Genchi Genbutsu*, que significa "ir e ver". Essa filosofia envolve visitas diretas ao local

Revista CINTEC n. 2, 116-131, nov. 2024; abr., 2025. DOI: 10.23925/cintec.v2i2.65171

onde as atividades e problemas ocorrem. Através dessas visitas ao chão de fábrica, buscamos acompanhar de perto o processo de produção, coletar dados relevantes relacionados aos processos e departamentos envolvidos (conforme apresentado na Tabela 3) e identificar possíveis desperdícios, tais como superprodução, tempos de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimentação e defeitos. Essa abordagem baseada na observação direta visa proporcionar uma compreensão precisa das operações e servirá como base para futuras melhorias. O próximo passo envolverá a proposição de soluções eficazes para otimizar o processo de produção e eliminar desperdícios identificados, contribuindo para uma operação mais eficiente e enxuta.

Tabela 3

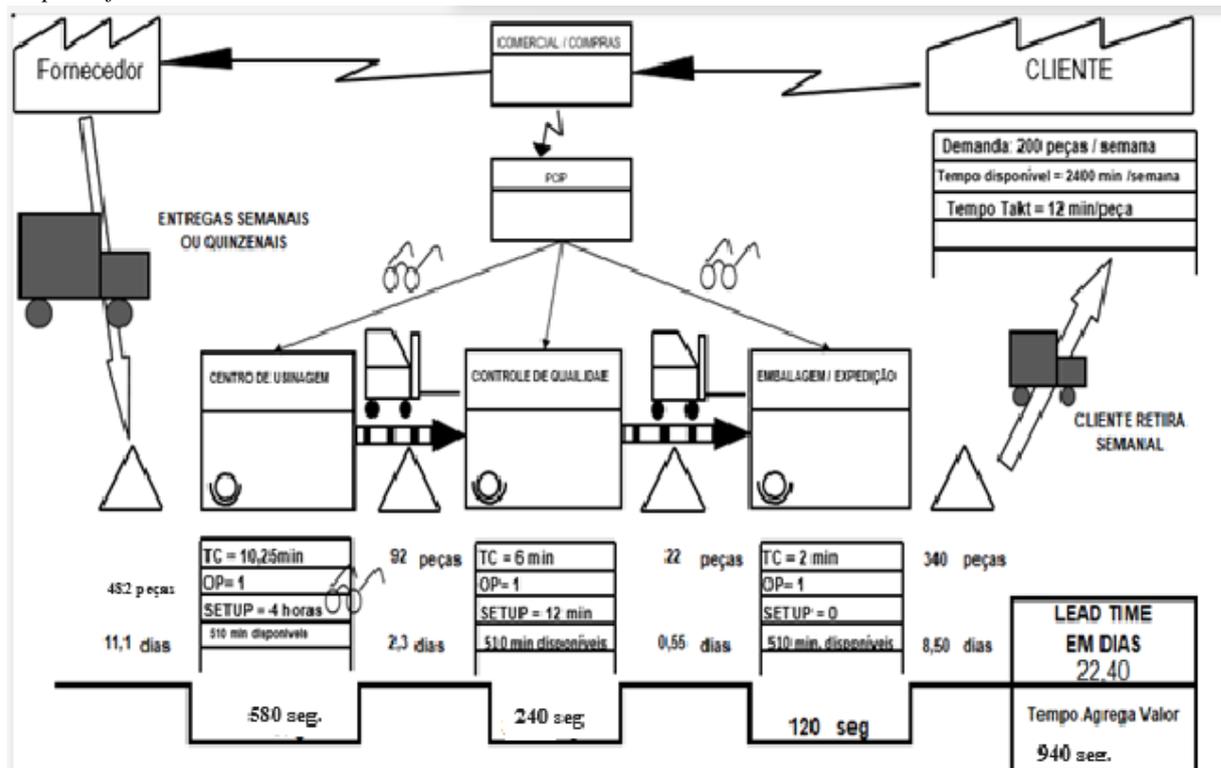
Dados sobre os setores e processos envolvidos para produção da ABC1 e ABC2

| Dados do setor e processo | Setor Usinagem | Setor Inspeção | Setor embalagem |
|------------------------------------|----------------|--------------------|------------------|
| Máquina/Equipamento | CNC | Tempo para medição | Caixa de madeira |
| Tempo de ciclo (segundos) | 580 | 240 | 120 |
| Quantidade de operadores | 1 | 1 | 1 |
| Tempo de setup (minutos) | 240 | 12 | 0 |
| Estoque de peças antes do processo | 482 | 92 | 22 |
| Estoque de peças processadas | 92 | 22 | 340 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3

Mapa de fluxo de valor



Fonte: Elaborado pelos autores.

A empresa metalúrgica que se destaca por sua especialização na produção de peças usinadas para diversos fins, encontram-se desafios em seu processo produtivo, mais

especificamente, nas peças denominadas ABC1 e ABC2, que compartilham semelhanças e têm demanda equilibrada. O processo de fabricação dessas peças compreende várias etapas, incluindo o recebimento de peças fundidas em intervalos semanais e quinzenais, usinagem em centro de usinagem dedicado, inspeção de qualidade, embalagem e estocagem das peças, retiradas semanalmente pelo cliente. A demanda estipulada é de 200 peças por semana para cada modelo e a empresa opera com uma jornada de trabalho de 8 horas por dia, cinco dias por semana.

A abordagem inicial adotada para enfrentar os desafios de produção baseou-se no conceito japonês *Genchi Genbutsu*, que se traduz em "ir e ver". Essa filosofia envolve visitas diretas ao local onde as atividades e problemas ocorrem. Durante as visitas ao chão de fábrica, buscou-se um entendimento minucioso das operações, coletando dados relevantes relacionados aos processos e departamentos envolvidos. Foram identificados possíveis desperdícios, como superprodução, tempos de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimentação e defeitos. Essa abordagem, baseada em observações diretas, visa proporcionar uma compreensão precisa das operações e servirá como base para futuras melhorias.

A análise do mapa de fluxo de valor em conjunto com o *layout* da empresa revelou diversos desperdícios a serem abordados:

a) Perda por transporte: devido à falta de aplicação do fluxo contínuo, as peças usinadas percorrem longas distâncias, percorrendo 123 metros para passar pelo setor de inspeção e, posteriormente, para a embalagem.

b) Perda por inventário: observou-se um estoque intermediário de 944 peças.

c) Perda por espera: Tempos de espera entre processos devido ao desbalanceamento das operações e atrasos no *setup* no centro de usinagem.

d) Perda por movimentação: excesso de movimentação dos operadores durante o *setup*, pois o ferramental necessário está distante da máquina em processo de configuração.

e) Perda por superprodução: o tempo considerável de 4 horas para o *setup* do centro de usinagem força a empresa a produzir grandes lotes de peças para atender às demandas do cliente sem atrasos.

f) Perdas por retrabalho: existe o risco de retrabalho de peças, uma vez que a inspeção é realizada somente após a produção de lotes.

O atual arranjo físico do sistema produtivo não permite o fluxo contínuo de peças, levando a produção em lotes e aumentando o risco de produção de peças defeituosas.

Para alcançar um fluxo contínuo de peças entre as operações de usinagem, inspeção e embalagem, é essencial aplicar o conceito de *Heijunka*, que se traduz em balancear a produção. Observa-se que a operação de usinagem tem um tempo de ciclo muito superior às outras operações. Como a operação de usinagem é executada em máquina CNC, o operador permanece ocioso durante o ciclo de usinagem, tornando viável que o mesmo operador execute a inspeção e embalagem. Isso contribuirá para um fluxo de produção mais balanceado e viável.

A mudança necessária envolve a relocação do posto de inspeção e embalagem para um local próximo ao centro de usinagem. Isso é perfeitamente viável, já que as inspeções utilizam instrumentos de medição convencionais, gabaritos e calibradores que podem ser facilmente transportados em um carrinho especial. A embalagem envolve simplesmente o

acondicionamento das peças em uma caixa de madeira, uma operação perfeitamente realizável no mesmo local da inspeção.

Um dos principais gargalos identificados no processo produtivo é o tempo de *setup* do centro de usinagem, que resulta em uma interrupção de produção de 4 horas, gerando desperdícios por espera, inventário e superprodução. Durante a observação do processo de *setup*, várias situações adversas foram identificadas, incluindo falta de padronização nas etapas de trabalho, ausência de tempos padrão estimados, desorganização das ferramentas de ajuste, mistura de ferramentas de corte, armazenamento inadequado de itens não utilizados, falta de sequenciamento e identificação de ferramentas e parafusos de fixação inadequados.

Para minimizar essas questões, sugere-se a implementação de diversas ações, incluindo a criação de um *checklist* padronizado para o *setup*, a aplicação da metodologia 5S para organização do local de trabalho, a implementação de conceitos de troca rápida de ferramentas (TRF), treinamento dos operadores, filmagem e análise do processo de *setup*, eliminação de atividades desnecessárias, conversão de atividades de *setup* interno em externo sempre que possível, melhoria das atividades de *setup*, documentação de procedimentos padronizados, treinamento de todos os envolvidos e muito mais.

Essas ações visam aprimorar a eficiência e a qualidade do processo de produção, reduzindo os desperdícios e estabelecendo uma base sólida para melhorias contínuas.

5. Considerações Finais

Este estudo mostrou que os princípios do *Lean Manufacturing* são realmente eficazes quando se trata de analisar processos de produção. Eles nos ajudam a identificar onde estão ocorrendo desperdícios e, em seguida, encontrar maneiras de eliminá-los.

Ao longo do estudo, percebe-se que os diferentes conceitos do *Lean Manufacturing* estão interligados e trabalham juntos para melhorar a produção. Um ponto importante é começar a análise com o *Genchi Genbutsu*, que significa ir ao local e ver as coisas em primeira mão, seguido do mapeamento do processo. Esses dois primeiros passos nos ajudaram a entender a cadeia de produção e encontrar os problemas, como produção excessiva, estoques desnecessários, transporte demorado, espera, movimentação desnecessária e retrabalho.

Depois, ao aplicarmos o princípio do *Heijunka*, conseguimos melhorar o fluxo de trabalho e reduzir desperdícios relacionados ao transporte, espera, retrabalho e estoques. Para tornar a troca de ferramentas mais eficiente, as técnicas das 5Ss foi utilizada e trabalho padronizado ao mesmo tempo. Essas ferramentas e técnicas juntas auxiliam a eliminar problemas de produção em excesso, estoques e movimentação desnecessárias.

Referências

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223-236.

<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.ijpe.2006.09.009>

Ali, N. B., Petersen, K., & França, B. B. N. (2015). Evaluation of simulation-assisted value stream mapping for software product development: Two industrial cases. *Information Revista CINTEC n. 2, 116-131, nov. 2024; abr., 2025. DOI: 10.23925/cintec.v2i2.65171*

- and *Software Technology*, 68, 45-61.
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.infsof.2015.08.005>
- Baudin, M. (2007). *Lean Assembly: The Nuts and Bolts of Making Assembly Operations Flow*. Society of Manufacturing Engineers.
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940.
- Botelho, L. L. R., de Almeida Cunha, C. C., & Macedo, M. (2011). O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade*, 5(11), 121-136.
- Cervo, A., Bervian, P., & Silva, R. (2007). *Metodologia científica* (6ª ed.). Pearson Prentice Hall.
- Confederação Nacional da Indústria (CNI) (2019). Perfil da indústria no estado de São Paulo.
<http://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/sp>
- Dal Forno, A. J., Pereira, F. A., Forcellini, F. A., & Kipper, L. M. (2014). Value Stream Mapping: A study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(5-8), 779-790.
- Guinato, M. (2000). *Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada*. Edgard Blücher.
- Gurumurthy, A., & Kodali, R. (2011). Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: A case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(4), 444-473. <http://dx.doi.org/10.1108/17410381111126409>
- Jasti, N. K. V., & Sharma, A. (2014). Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: A case study from auto components industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1), 89-116. <http://dx.doi.org/10.1108/IJLSS-04-2012-0002>
- Lian, Y.-H., & Van Landeghem, H. (2007). Analysing the effects of lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. *International Journal of Production Research*, 45(13), 3037-3058.
<http://dx.doi.org/10.1080/00207540600791590>
- Liker, J. K. (2020). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Liker, J. K. (2021). *The Toyota Way*. McGraw-Hill.
- Marodin, G. A., & Saurin, T. A. (2013). Implementing lean production systems: Research areas and opportunities for future studies. *International Journal of Production Research*, 51(22), 6663-6680. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2013.826831>
- McDonald, T., Van Aken, E. M., & Rentes, A. F. (2002). Utilising simulation to enhance value stream mapping: A manufacturing case application. *International Journal of Logistics*, 5(2), 213-232. <http://dx.doi.org/10.1080/13675560210148696>
- Monde, M. (2015). *Toyota production system: An integrated approach to just-in-time*. Productivity Press.
- Nishida, L. T. (2007). Reduzindo o “lead time” no desenvolvimento de produtos através da padronização. *Lean Institute Brasil*.
https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_74.pdf
- Revista CINTEC n. 2, 116-131, nov. 2024; abr., 2025. DOI: 10.23925/cintec.v2i2.65171*

- Ohno, T. (2019). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Oliveira, R. B. M., Corrêa, V. A., & Nunes, L. E. N. P. (2014). Mapeamento do fluxo de valor em um modelo de simulação computacional. *Revista Produção Online*, 14(3), 837-861. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v14i3.1461>
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – A quality improvement tool for sustainable performance: Literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(3), 334–361.
- Recht, R., & Windorom, J. (1998). Lean Thinking: The Evolution of Toyota's Production System. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership. *Historical Research Reference in Entrepreneurship*.
- Serrano, I., Ochoa, C., & Castro, R. (2008). Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International Journal of Production Research*, 46(16), 4409-4430. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540601182302>
- Shingo, S. (2019). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Vinodh, S., Arvind, K. R., & Somaanathan, M. (2010). Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organisation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(7), 888-900. <http://dx.doi.org/10.1108/17410381011077973>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross, D. (2023). *A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo da maior empresa automobilística do mundo*. Campus Elsevier.
- Yang, T., Wang, Teng-Kuan, Li, V.Li & Su, Chia-lo. (2015). The optimization of total laboratory automation by simulation of a pull- strategy. *Journal of Medical Systems*, 39(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-014-0162-6>
- Yin, R. K. (2014). *Estudo de caso: Planejamento e métodos*. Bookman.
- Zhou, B. (2016). *Lean principles, practices, and impacts: A study on small and medium-sized enterprises (SMEs)*. Annals of Operation Research.