

O LEAN MANUFACTURING COMO VANTAGEM COMPETITIVA NA INDÚSTRIA METALÚRGICA

BARBOSA, Geraldo Venicio Soares¹
GAYER, Jéssika Alvares Coppi Arruda²

RESUMO

A indústria metalúrgica é caracterizada pela busca pela redução de custos e de desperdícios em seu processo produtivo. Desta forma, é necessário utilizar as melhores práticas para se manter competitivo no mercado. Dentre essas práticas, destaca-se a abordagem *Lean Manufacturing* (LM), derivada do Sistema Toyota de Produção, que se propõe a melhorar os processos eliminando desperdícios. A adoção do *Lean Manufacturing* como vantagem competitiva na indústria metalúrgica é justificada pela crescente demanda por eficiência operacional, redução de custos e sustentabilidade no setor. Essa abordagem busca eliminar desperdícios, melhorar a qualidade dos produtos e otimizar os processos de produção, resultando em maior satisfação do cliente e melhor posicionamento no mercado. Diante desse cenário, a pesquisa tem como objetivo geral analisar quais são as principais ferramentas de *Lean Manufacturing*, publicadas nos últimos sete anos fazendo com que a indústria metalúrgica possa evitar desperdícios e, com isso, aumentar a sua vantagem competitiva. A metodologia utilizada neste trabalho foi a revisão de literatura. A abordagem é a qualitativa e a natureza é a descritiva-exploratória. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados no ano 2017 até 2023. Conclui-se que o método da produção enxuta permite, àquele que gerencia, a obtenção de um diagnóstico preciso, atualizado e consistente acerca das perdas produtivas que poderiam ser evitadas. Além disso, as ferramentas aplicadas ao *Lean Manufacturing* permitem que a empresa ou indústria obtenha diferentes tipos de benefícios e vantagens em termos de custo e flexibilidade que serão aqui reiterados.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*; Indústria metalúrgica; Produção enxuta; Vantagem competitiva.

1 INTRODUÇÃO

As práticas empregadas pela fábrica da Toyota no Japão contrastaram diretamente com as técnicas mais antigas de produção em massa comuns no Ocidente. Além disso, o futuro da indústria automobilística está em risco em razão da crescente crise do petróleo no Ocidente, em voga desde 1972. Impulsionado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), o programa *International Motor Vehicle Program* (IMVP)

¹ Aluno do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Internacional - UNINTER.

² Professora do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Internacional - UNINTER. Mestre e bacharel em engenharia de produção.

surgiu em 1985 com o objetivo de revitalizar as indústrias automobilísticas europeias e norte-americanas (LIKER, 2021).

O projeto foi mobilizado a partir de uma série de pesquisas, entrevistas e estudos conduzidos por executivos. Buscava-se entender um conjunto composto por técnicas de produção japonesas. O modelo ao menos tinha um nome até então, porém, passou a ser chamado de *Lean* pelos membros do programa IMVP. Diante dessas mudanças, as organizações e indústrias de diversos tipos, como é o caso da metalúrgica, têm buscado implementar sistemas de produção enxutos, porém, a falta de entendimento claro de seus atributos, desempenho e medidas tem levado a falhas em seu uso e prática (CHAHAL; NARWAL, 2017).

Os estudos têm apontado que há múltiplas possibilidades quanto à definição do conceito. A manufatura enxuta não é um conceito simples, pois não pode ser reduzida ao foco na eliminação de desperdícios ou mesmo nas ações de melhoria contínua, embora sejam atitudes importantes. É conceitualmente multifacetado e sua definição contém características filosóficas que muitas vezes são difíceis de medir diretamente. Em termos de métricas, parece haver uma lacuna na definição de métricas para medir o uso da manufatura enxuta (SANTOS; CADIOLI, 2022).

Em virtude das tendências dos sistemas de produção e a crescente busca pela manufatura enxuta, as medidas de desempenho utilizadas até a década de 1990 não eram mais suficientes para medir o desempenho de forma abrangente em todas as etapas do ciclo produtivo. A falta de uma definição de métricas para avaliação da implementação e manutenção da manufatura enxuta, e o uso de suas ferramentas e métricas, podem comprometer a validade e durabilidade da filosofia. Assim, ressalta-se que a falta de uma definição clara dos atributos de uso *lean*, cujo desempenho e formas de medição levaram ao fracasso das práticas com esta metodologia (GHOBADIAN *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, chegou-se ao seguinte questionamento: de que modo o *Lean Manufacturing*, a partir de suas práticas, princípios e ferramentas relacionadas à produção enxuta, pode impulsionar o desempenho das empresas metalúrgicas de uma maneira geral, otimizando os seus processos operacionais?

O objetivo geral é analisar quais são as principais ferramentas de *Lean Manufacturing* a partir de publicações entre 2017 e 2023 que podem fazer com que a indústria metalúrgica possa evitar desperdícios e, com isso, aumentar a sua vantagem competitiva.

Os objetivos específicos são: verificar quais são os princípios que norteiam o conceito de produção enxuta; elencar as principais ferramentas baseadas em produção enxuta comuns no contexto industrial; e apresentar os benefícios e vantagens relacionadas à utilização dessas ferramentas.

Este estudo, justifica-se pela necessidade de avaliar as vantagens do *Lean Manufacturing* na indústria metalúrgica, enfoca a eficiência e a sustentabilidade proporcionadas pela sua adoção. Liker (2021) destaca a Toyota, cuja aplicação do *Lean Manufacturing* reduziu o desperdício de materiais em 60% em 2017, trazendo benefícios econômicos e ambientais. Gracia (2020), por outro lado, ressalta a Ford Motor Company, que após implementar o *Lean Manufacturing* em Michigan, viu a sua eficiência de produção aumentar em 50% em cinco anos, aumentando a sua lucratividade e competitividade de mercado.

Este artigo está estruturado em 6 seções, já com a inclusão da seção de introdução apresentada. A seção 2 contém a fundamentação teórica do artigo. A seção 3 contém a metodologia aplicada durante o desenvolvimento do trabalho. A seção 4 apresenta os resultados e discussão. A seção 5 contém as considerações finais do trabalho. E por fim seção 6 mostra as referências utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

2. OS PRINCÍPIOS QUE ALICERÇAM O MÉTODO DA PRODUÇÃO ENXUTA

O método da produção enxuta permite, àquele que gerencia, a obtenção de um diagnóstico preciso, atualizado e consistente acerca das perdas produtivas que poderiam ser evitadas. Além disso, as ferramentas aplicadas ao *Lean Manufacturing* permitem que a empresa ou indústria obtenha diferentes tipos de benefícios e vantagens em termos de custo e flexibilidade que serão aqui reiterados (IKARI *et al.*, 2020).

Compreende-se que embora o método da produção enxuta impacte de maneira positiva as indústrias voltadas à produção, os seus conhecimentos, práticas, princípios e ferramentas podem ser aplicadas a todos os tipos de empresas, mesmo que o modelo, inicialmente, tenha sido concebido para ser aplicado à indústria manufatureira. Assim, recomenda-se, às empresas e indústrias, que o pensamento enxuto seja aplicado a partir de cinco princípios básicos. Eles orientam as ações daqueles que desejam introduzir a filosofia do pensamento enxuto no cotidiano de sua empresa ou indústria (MACIEL *et al.*, 2019). Esses princípios são o valor, fluxo ou cadeia de valor, fluxo contínuo, produção puxada e a busca pela “perfeição”.

2.1 O valor

O valor pode ser definido como "o nível de aceitação de um produto pelos clientes" e, desta forma, todas as atividades que agregam valor ou custo aos produtos formam uma cadeia de valor para esses produtos. Quanto maior o valor do item, maior a chance de que o item se destaque da concorrência (MALAQUIAS, 2018). O nível de demanda do cliente pelo item, o preço certo e a duração são fatores que afetam o valor. A empresa produz produtos que condizem com os serviços e produtos que os clientes valorizam, e não a visão da empresa sobre as preferências do cliente para satisfazer o mercado de um comprador (HENAO; SARACHE; GÓMEZ, 2019).

2.2 Fluxo ou cadeia de valor

O segundo passo é identificar o fluxo de valor. Parte-se da perspectiva de que a cadeia produtiva é dividida em três processos (SANTOS, 2018). São aqueles que efetivamente criam valor; os que não produzem nenhum tipo valor, mas são essenciais à manutenção dos processos e à geração de produtos com expressiva qualidade; e por fim, há os que não têm valor agregado e por isso devem ser extintos imediatamente

(IRANMANESH *et al.*, 2019). Assim, são mapeadas todas as ações que compõem aquela cadeia que gera valor.

Elas perpassam pelo desenvolvimento do produto, pela produção e disponibilização ao mercado e pela identificação e eliminação daquelas fases que não impulsionam a geração de valor agregado (IKARI *et al.*, 2020). A fim de que seja possível identificar os desperdícios relacionados aos processos e para que seja viável eliminá-los a partir de ações efetivas, é essencial o mapeamento detalhado do fluxo de valor para que seja criado um fluxo novo, com etapas relevantes àquela produção (LIMA *et al.*, 2018).

2.3 Fluxo contínuo

O segundo princípio a ser observado é o fluxo contínuo. Trata-se de uma fase em que o objetivo principal é o de tornar o processo mais fluido e, para isso, é essencial que este valor flua ao longo de todo o processo, até que chegue ao cliente na forma de produto (COSTA, 2021). Este processo de fluidez deve se ater a três etapas fundamentais, que devem ser executadas de maneira simultânea. Em um primeiro momento, deve-se acompanhar e monitorar todas as etapas relacionadas ao desenvolvimento de um produto específico (PETRECHEN, 2019).

Em um segundo momento, o objetivo com a manutenção desse fluxo contínuo é o de torná-lo mais fluido, sem obstáculos e barreiras (HENAO; SARACHE; GÓMEZ, 2019). Por fim, chega-se a uma terceira tarefa, que é a de eliminar todos os tipos de fluxos que sejam contrários e representem um entrave ao processo. Todavia, reconhece-se que não é uma tarefa fácil, visto que é uma fase que demanda uma mudança de mentalidade no time (ALEFARI; SALONITIS; XU, 2017). Sem que haja essa mudança, continua-se a repetir processos que não funcionam.

2.4 Produção puxada e a busca pela “perfeição”

A produção puxada representa um princípio que tem como objetivo principal a redução dos estoques do produto (VALAMEDE; AKKARI, 2020). Parte-se da perspectiva de que é o cliente que “puxa” a produção, ou seja, que faz com que ela se movimente. Tem-se, dessa forma, um produto com valor social agregado, o que aumentará a competitividade e a produtividade da empresa (MACIEL *et al.*, 2019). Para que esse princípio seja atendido, é essencial que seja fabricado aquilo que o cliente necessita no momento apropriado.

Por fim, há um último princípio que orienta o método enxuto. Trata-se da busca pela “perfeição”. Entende-se que todos que fazem parte daquele fluxo gerador de valor devem se engajar para que a “perfeição” seja atingida (IKARI *et al.*, 2020). É apenas o engajamento coletivo que fará com que essa meta seja atingida, o que implica, de todos, aperfeiçoamento contínuo. Para isso, todos devem ter ciência dos processos e devem poder opinar livremente para que possam contribuir com ideias que possam agregar valor aos produtos (YÉPEZ; VILLAMARÍN; HERRERA, 2017).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza bibliográfica, esse tipo de investigação envolve a elaboração de uma extensa revisão da literatura, que auxilia na abordagem de métodos e resultados de estudos anteriores, bem como na reflexão acerca da condução de pesquisas futuras. Essa metodologia permite aprofundar o conhecimento sobre o tema em questão, além de fornecer subsídios para novas investigações e abordagens (FACHIN, 2017).

É uma pesquisa exploratória que, segundo Gil (2017), visa à análise em certa profundidade da natureza do tema proposto. Através dela pode-se estudar e analisar os valores, crenças, hábitos, representações, motivos, opiniões e atitudes de uma organização, indivíduo ou comunidade.

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão integrativa da literatura, que busca realizar uma análise abrangente dos textos publicados, contribuindo para debates acerca de métodos e resultados de pesquisas anteriores. O objetivo primordial dessa

abordagem é obter uma compreensão aprofundada de um fenômeno específico com base em estudos prévios (MARCONI; LAKATOS, 2021).

A investigação centrou-se na perspectiva dos métodos qualitativos, que, conforme Fachin (2017), caracterizam-se principalmente pela análise dos dados sem a utilização de ferramentas estatísticas, fundamentando-se na interpretação e na compreensão dos fenômenos estudados.

A pesquisa dos artigos foi realizada no período de fevereiro a abril de 2023. Para escolha dos artigos foram utilizadas as bases de dados Scielo e Google Acadêmico. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados em 7 anos. Na busca por artigo será utilizada as palavras chaves “*lean Manufacturing*”, produção enxuta e indústria metalúrgica. Os critérios selecionados para a inclusão das publicações serão: trabalhos disponibilizados na íntegra e na forma online, sem restrições de acessibilidade. Como critérios de exclusão serão eleitos: trabalhos incompletos e restritos, além de repetidos.

No que diz respeito à discussão dos resultados, após a coleta de dados da investigação, foram selecionados 16 artigos para elaboração do trabalho. A finalidade da análise e interpretação é organizar e sintetizar os dados de modo a possibilitar a identificação de respostas para o problema proposto no estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As buscas nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico resultaram em 16 artigos para elaboração do trabalho, conforme mostrado abaixo no quadro1.

Quadro 1 – Artigos selecionados para elaboração do trabalho

Autor	Título	Ano	Base de dados
ALEFARI, M.; SALONITIS, K.; XU, Y.	O Papel da Liderança na Implementação da Manufatura Enxuta	2017	Google Acadêmico

CHAHAL, V.; NARWAL, M. S.	Uma revisão empírica da manufatura enxuta e suas estratégias	2017	Google Acadêmico
COSTA, L. A.	uso de ferramentas de <i>lean manufacturing</i> na otimização de estoque na indústria metalúrgica	2021	Google Acadêmico
GHOBIADIAN, A.; TALAVERA, I.; BHATTACHARYA, A.; KUMAR, V.; GARZA-REYES, J. A.; O'REGAN, N.	Examinando a legitimação da manufatura aditiva na interação entre inovação, manufatura enxuta e sustentabilidade	2020	Google Acadêmico
HENAO, R.; SARACHE, W.; GÓMEZ, I.	Manufatura enxuta e desempenho sustentável: tendências e desafios futuros	2019	Google Acadêmico
IKARI, M.; RIBEIRO, E. C.; DE FARIAS, E.; CANDIDO, F. F.; DE SIQUEIRA, L. A.; AMARANTE, M. S.	Aplicação do <i>lean manufacturing</i> em conjunto com a manufatura aditiva na redução de desperdícios em processos	2020	Google Acadêmico
IRANMANESH, M.; ZAILANI, S.; HYUN, S. S.; ALI, M. H.; KIM, K.	Impacto das práticas de manufatura enxuta no desempenho sustentável das empresas: a cultura enxuta como moderadora	2019	Google Acadêmico
LIMA, D. F. D.; ALMEIDA, E. D. S. D.; SILVA, H. O.	Aplicação do <i>Lean Manufacturing</i> , eliminação de desperdícios, resultado final	2018	Google Acadêmico

D.; SILVA, L. P. D.; PIEIDADE JUNIOR, P. R. M. P.			
MACIEL, C. L.; PAULINO, E. E.; OLIVEIRA, N. R.; GALVÃO, H. M.; MORAIS, L. M.	Implementação da Metodologia <i>Lean Manufacturing</i> em uma Empresa de Serviços de Lavagem e Polimento Automotivo Lava a Jato	2019	Google Acadêmico
MALAQUIAS, W. R.	Contribuições da produção enxuta e produção mais limpa para a melhoria de processos produtivos: um estudo de caso	2018	Google Acadêmico
PETRECHEN, I. J	Proposta de implantação do sistema <i>lean manufacturing</i> em uma metalúrgica	2019	Google Acadêmico
SANTOS, L. B.	Aplicação das técnicas do <i>lean manufacturing</i> na redução de desperdício em uma empresa metal mecânica	2018	Google Acadêmico
SANTOS, J. P. D.; CADIOLI, L. P.	<i>Lean manufacturing</i> e seu impacto no setor produtivo	2022	Google Acadêmico
VALAMEDE, L. S.; AKKARI, A. C. S.	<i>Lean 4.0</i> : Uma nova abordagem holística para a integração de ferramentas de manufatura enxuta e tecnologias digitais	2020	Google Acadêmico

WYRWICKA, M. K.; MRUGALSKA, B.	Miragens da manufatura enxuta na prática	2017	Google Acadêmico
YÉPEZ, M. P. S.; VILLAMARÍN, G. A. F.; HERRERA, C. C. B.	Modelo metodológico na implementação da manufatura enxuta	2017	Scielo

Fonte: Autoria própria (2023).

Em virtude da popularização do método de produção enxuta, diversas ferramentas têm sido apresentadas pelos estudos. Essas pesquisas têm se ocupado em demonstrar as vantagens e benefícios em relação à utilização de ferramentas que se amparam no método de produção enxuta. Os resultados desses estudos são apresentados e discutidos. Além disso, frisa-se que as ferramentas cujas vantagens serão exploradas já foram testadas e validadas por diversas pesquisas nacionais e internacionais. Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shingeo Shingo introduziram uma nova forma de organizar o sistema produtivo de empresas e indústrias.

Atualmente, o método Toyota de produção tem sido aplicado a diversos contextos, de modo que serve de base para o modelo de produção enxuta, também conhecido como *Lean Manufacturing* (MALAQUIAS, 2018). Tem-se, dessa forma, uma nova filosofia de produção que tem impactado diversos setores, uma vez que passaram a modernizar o seu sistema de produção ao inserir ferramentas baseadas nesta filosofia (COSTA, 2021).

À medida em que o sistema Toyota evoluiu, surgiram diferentes ferramentas que têm como base os princípios do *Lean manufacturing* (HENAQ; SARACHE; GÓMEZ, 2019). Entende-se que para a construção de uma cultura voltada à melhoria contínua, é necessário que as ações, práticas e ferramentas permitam a criação de um sistema que permita colocar em prática essa filosofia (LIKER, 2021).

O aumento da vantagem competitiva da indústria neste caso, da metalúrgica dependerá da interação entre as ferramentas. É a junção entre elas que permitirá a construção de uma nova cultura, mais inclinada à mudança. A aplicação isolada de técnicas pode trazer melhorias pontuais, mas é a combinação e integração dessas

ferramentas que promove uma transformação mais profunda e abrangente nos processos e na cultura organizacional. Ao construir uma cultura voltada para a mudança e melhoria contínua, as empresas metalúrgicas podem se adaptar de maneira mais eficiente aos desafios do mercado e às demandas dos clientes, garantindo assim uma posição sólida e competitiva no cenário global. A implementação do *Lean Manufacturing* como um sistema coeso e integrado é, portanto, crucial para alcançar resultados duradouros e significativos na indústria metalúrgica.

A primeira ferramenta é o Programa 5 S's. Compreende-se uma ampla gama de atividades voltadas à eliminação de perdas, pois elas potencializam problemas como os erros, defeitos e acidentes de trabalho. Assim, os 5S's, sendo eles *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*) admitem cinco objetivos distintos: o 1º S busca fazer a triagem do que é necessário para uma atividade-fim; o 2º S visa organizar um lugar para que tudo esteja no lugar; o 3º S preza pela limpeza, atuando como uma forma de inspeção das condições anormais que possam tornar aquele ambiente predisposto a falhas que podem diminuir a qualidade ou causar danos aos equipamentos e máquinas; o 4º S busca padronizar a criar regras que permitam o monitoramento dos outros S's; e o 5º S busca desenvolver um senso disciplina e autodisciplina para que o trabalho se mantenha estável e para que haja melhoria contínua (IKARI *et al.*, 2020).

Nota-se que algumas organizações têm confundido o 5S com o *Lean Manufacturing*. O método da Toyota não implica a utilização de um programa 5S para a organização e categorização de materiais e ferramentas, bem como para mitigar os desperdícios para manter um ambiente limpo e organizado.

O 5S permite que os problemas se tornem visíveis e, se usado de forma complexa, pode atuar como um mecanismo de controle visual, porém, para isto, deve se integrar em um sistema enxuto bem planejado, pois é um dos princípios fundamentais da eliminação de desperdícios (SANTOS; CADIOLI, 2022).

Dessa forma, um local de trabalho visual é aquele que está livre de desordem e tem melhor visibilidade dos problemas, para que os funcionários possam ser mais proativos. Itens como ferramentas, componentes, documentação e suprimentos podem ser facilmente encontrados, desde que se forneça um acesso rápido e preciso (GHOBADIAN *et al.*, 2020).

Assim, o 5S é uma ferramenta extremamente eficaz para aumentar a produtividade, aprimorar a qualidade e garantir a segurança, além de melhorar a estética dos ambientes e elevar o moral dos colaboradores. Ao promover um local de trabalho organizado e limpo, o 5S contribui para a criação de uma atmosfera de trabalho mais harmoniosa e eficiente, que, por sua vez, impulsiona a satisfação e o engajamento dos funcionários. A aplicação desta metodologia não apenas otimiza as operações internas, mas também tem um impacto significativo no bem-estar geral da equipe e na imagem da empresa como um todo.

A segunda ferramenta recomendada é o Kaizen. A filosofia do Kaizen é envolver todos na organização para que possam focar na melhoria global da empresa. Em outras palavras, pode-se frisar que o escopo principal da ferramenta é o fomento a ações que possam tornar os colaboradores mais engajados e comprometidos (SANTOS, 2018).

Com base nos fundamentos do *Lean Manufacturing*, o Kaizen atua na redução de desperdícios e é desenvolvido para atender às necessidades dos clientes de forma mais eficiente, valorizando a pontualidade na entrega, preços competitivos e a excelência em qualidade. Através da implementação contínua de melhorias, o Kaizen fomenta a adaptação das empresas às expectativas do mercado e aprimora a eficiência dos processos produtivos. Essa abordagem centrada no cliente e na melhoria constante resulta em benefícios significativos para as organizações, permitindo que se destaquem em um ambiente competitivo e proporcionando satisfação aos clientes.

O escopo principal do Kaizen é o de “resolver problemas” e, para isto, parte-se da perspectiva de que, para atingir este objetivo, é necessário se concentrar nas melhorias à longo prazo. A base da ferramenta é a melhoria contínua. Todavia, entende-se que esta meta apenas se torna passível a ser atendida à medida em que se tem processos estabilizados e padronizados (VALAMEDE; AKKARI, 2020).

É importante lembrar que a implementação do Kaizen exige uma transformação na mentalidade de líderes e colaboradores, o que requer um esforço contínuo de autorreflexão, autocrítica e a busca constante pela melhoria. Essa mudança de perspectiva incentiva a criação de uma cultura organizacional onde a melhoria contínua é valorizada e incorporada às práticas cotidianas. Ao adotar essa abordagem, as empresas cultivam um ambiente onde todos os membros da equipe estão engajados na

busca pela excelência, colaborando para o desenvolvimento e crescimento sustentável da organização.

Segundo Ikari *et al.* (2020), a terceira ferramenta recomendada é o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). No contexto do método Toyota de produção, é vital que a indústria, particularmente a metalúrgica, possua um sistema para avaliar a disponibilidade de recursos, considerando a capacidade precisa de um equipamento e o tempo disponível para a conclusão da produção.

Iranmanesh *et al.* (2019) destaca que a Toyota utiliza o termo "CQZD" em seu programa de controle de qualidade, que difere do conceito de "zero defeitos". O "CQZD" visa identificar e eliminar a causa raiz dos defeitos, não apenas implementar um método. Para aplicar o "CQZD", é necessário dividir os aspectos operacionais em quatro categorias que correspondem aos fatores que tornam sua operação eficaz.

Os métodos de interpretação para este projeto enfatizam questões operacionais, usando processos científicos para identificar causas de defeitos e detectar anormalidades. Após detectar essas anormalidades, ações imediatas são necessárias, com correções sendo aplicadas o mais rápido possível após a detecção de uma anomalia.

Dessa forma, como aponta Lima *et al.* (2018), a minimização de erros e a proteção dos sistemas contra falhas é alcançada utilizando dispositivos à prova de falhas e realizando inspeções para descobrir falhas ou reduzir/eliminar defeitos. Os trabalhadores, podem cumprir um dos três objetivos através de diferentes métodos de inspeção.

Assim, entende-se que a Inspeção por Julgamento é usada para discernir falhas; informar os inspetores sobre os defeitos os ajuda a reduzi-los; A inspeção da fonte original é necessária para eliminar falhas; as inspeções que descobrem defeitos somente depois que eles ocorrem são abaixo da média (MACIEL *et al.*, 2019).

A inspeção que identifica defeitos em sua origem é preferida pois minimiza falhas e aumenta a assertividade e a coerência dos processos na indústria metalúrgica. Outra ferramenta relevante é a Troca Rápida de Ferramenta (TRF), que é vital em um ambiente de produção enxuto por reduzir o tempo de configuração, conforme apontado por Alefari, Salonitis e Xu (2017).

No âmbito da *Lean Manufacturing*, a Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é crucial por permitir agilidade na substituição de ferramentas e diminuir o tempo para ajustes. A otimização desses processos reduz o tempo de inatividade, aumenta a eficiência produtiva e proporciona uma resposta mais ágil e flexível a alterações na demanda. A implementação da TRF aprimora a capacidade de adaptação das organizações, melhora a utilização de recursos e eleva a competitividade, já que os clientes não desejam pagar por tempo ou dinheiro que não traz valor, desestimulando configurações que desperdiçam tempo.

A redução dos tempos de troca permite a realização de mais trabalhos de valor agregado em um determinado período, possibilitando às organizações explorar novos usos para sua capacidade instalada ou adotar métodos de *Lean Manufacturing*. O uso integral de máquinas e equipamentos resulta em melhor desempenho dos operadores, graças ao menor tempo de setup (CHAHAL; NARWAL, 2017).

A melhoria da produtividade e a redução do desperdício têm um efeito positivo na organização, apresentando vantagens para indústrias, como as metalúrgicas, de acordo com Petrechen (2019). A diminuição do *Lead Time* impulsiona a flexibilidade e a produtividade da linha de produção. Além disso, leva à redução do estoque e amplia a viabilidade econômica de operar em pequenos lotes.

A eficiência operacional é aumentada ao facilitar o uso de menos e máquinas menores, permitindo mais tempo de trabalho. Isso se realiza em três etapas: separação, transformação do setup de operação interno para externo e melhoria de todas as operações envolvendo ambos os setups.

A Manutenção Produtiva Total (MPT), uma ferramenta que aumenta a competitividade nas indústrias metalúrgicas, foi concebida devido à dependência da Toyota em relação à Nippon Denso. A MPT foca na manutenção e incremento da produtividade nas organizações, introduzindo conceitos, técnicas e programas inovadores para melhorar a qualidade e os processos de negócios (WYRWICKA; MRUGALSKA, 2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método Toyota de produção revolucionou a indústria automotiva, bem como outros mercados competitivos, como é o caso das indústrias metalúrgicas. Não mudou apenas a indústria automotiva, mudou a forma como as empresas em cada segmento competem. A Toyota criou métodos, técnicas e ferramentas para aumentar a eficiência e a qualidade, reduzindo o desperdício. Eles queriam atacar ineficiências e eliminar custos desnecessários em seus processos de produção. Este trabalho analisou como o *Lean Manufacturing* mudou ao longo do tempo para entender melhor suas muitas aplicações potenciais. As ferramentas necessárias para a manufatura enxuta são essenciais para qualquer negócio, canteiro de obras ou empresa.

Eles são extremamente importantes porque permitem que qualquer negócio aumente a produtividade, melhore a produção, reduza as perdas e aumente os lucros. Colocar em prática ferramentas como o *Lean Manufacturing* também pode melhorar o gerenciamento de estoque, criar um ambiente de trabalho amigável e eliminar obstáculos na produção – alguns dos benefícios desse sistema são os funcionários verem o negócio de uma “perspectiva diferente”, reduzindo o foco apenas na produção e criando uma cultura de fluxo contínuo nas operações. É importante notar que os benefícios observados pela organização estudada foram além de apenas um aspecto – sendo alguns deles aumentos de produtividade, redução dos tempos de travessia de produtos, agregação de valor aos procedimentos operacionais e investimentos de baixo custo.

Este estudo enfatiza o valor do pensamento sistêmico sobre o fluxo contínuo, que influencia várias áreas de negócios e fornece perspectivas valiosas, promovendo mudanças comportamentais. A pesquisa foi percebida como um meio para alcançar um objetivo comum. A adoção dos princípios da manufatura enxuta, que permite a eliminação de desperdícios em materiais, tempo e estoque, se mostrou fundamental para compreender as ferramentas e técnicas envolvidas. Esta abordagem traz benefícios significativos a processos produtivos como usinagem, corte, soldagem e fundição e se mostra particularmente apropriada para negócios na área de metalurgia.

Recomenda-se, aos futuros estudos, que a pesquisa adquira um viés prático para compreender como esta filosofia pode auxiliar uma empresa ou indústria, seja do setor

metalúrgico ou de qualquer outro, pois, assim, tem-se uma visão sobre o que deve ser feito para a obtenção de melhorias etapas reais e assertivas na produção.

REFERÊNCIAS

ALEFARI, M.; SALONITIS, K.; XU, Y. O Papel da Liderança na Implementação da Manufatura Enxuta. **Science Direct**, v. 63, n. 1, p. 756-761, 2017.

CHAHAL, V.; NARWAL, M. S. Uma revisão empírica da manufatura enxuta e suas estratégias. **Management Science Letters**, v. 7, n. 7, p. 321-336, 2017.

COSTA, L. A. **O uso de ferramentas de lean manufacturing na otimização de estoque na indústria metalúrgica**. 2021. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, GO, 2021.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

GHOBADIAN, A.; TALAVERA, I.; BHATTACHARYA, A.; KUMAR, V.; GARZA-REYES, J. A.; O'REGAN, N. Examinando a legitimação da manufatura aditiva na interação entre inovação, manufatura enxuta e sustentabilidade. **International Journal of Production Economics**, v. 219, n. 1, p. 457-468, 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GRACIA, F. M. P. **Excelência Operacional com Lean Manufacturing**. São Paulo: Editora Cia Das Ideias, 2020.

HENAO, R.; SARACHE, W.; GÓMEZ, I. Manufatura enxuta e desempenho sustentável: tendências e desafios futuros. **Journal of Cleaner Production**, v. 208, n. 1, p. 99-106, 2019.

IKARI, M.; RIBEIRO, E. C.; DE FARIAS, E.; CANDIDO, F. F.; DE SIQUEIRA, L. A.; AMARANTE, M. S. Aplicação do lean manufacturing em conjunto com a manufatura aditiva na redução de desperdícios em processos. **Revista Pesquisa e ação**, v. 6, n. 1, p. 81-104, 2020.

IRANMANESH, M.; ZAILANI, S.; HYUN, S. S.; ALI, M. H.; KIM, K. Impacto das práticas de manufatura enxuta no desempenho sustentável das empresas: a cultura enxuta como moderadora. **Sustainability**, v. 11, n. 4, p. 1112-1123, 2019.

LIMA, D. F. D.; ALMEIDA, E. D. S. D.; SILVA, H. O. D.; SILVA, L. P. D.; PIEDADE JUNIOR, P. R. M. P. **Aplicação do Lean Manufacturing, eliminação de desperdícios, resultado final**. 2018. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação) - Faculdades IDAAM, Manaus, AM, 2018.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

MACIEL, C. L.; PAULINO, E. E.; OLIVEIRA, N. R.; GALVÃO, H. M.; MORAIS, L. M. Implementação da Metodologia Lean Manufacturing em uma Empresa de Serviços de Lavagem e Polimento Automotivo Lava a Jato. **Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 135-153, 2019.

MALAQUIAS, W. R. **Contribuições da produção enxuta e produção mais limpa para a melhoria de processos produtivos: um estudo de caso**. 2018. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

PETRECHEN, I. J. **Proposta de implantação do sistema lean manufacturing em uma metalúrgica**. 2019. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, PR, 2019.

SANTOS, L. B. dos. **Aplicação das técnicas do lean manufacturing na redução de desperdício em uma empresa metal mecânica**. 2018. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, RS, 2018.

SANTOS, J. P. D.; CADIOLI, L. P. Lean manufacturing e seu impacto no setor produtivo. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 902–914, 2022.

VALAMEDE, L. S.; AKKARI, A. C. S. Lean 4.0: Uma nova abordagem holística para a integração de ferramentas de manufatura enxuta e tecnologias digitais. **International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences**, v. 5, n. 5, p. 851-868, 2020.

WYRWICKA, M. K.; MRUGALSKA, B. Miragens da manufatura enxuta na prática. **Science Direct**, v. 182, n. 1, p. 780-785, 2017.

YÉPEZ, M. P. S.; VILLAMARÍN, G. A. F.; HERRERA, C. C. B. Modelo metodológico na implementação da manufatura enxuta. **Revista Ean**, v. 1, n. 83, p. 51-71, 2017.