



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGEP



MAURÍCIO LIMA DE MENEZES

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA
REDUÇÃO DO TEMPO TOTAL DE SETUP EM UMA
INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PNEUS:
Estudo de Caso para implementação em extrusora de
borracha

Manaus - AM

2023

MAURÍCIO LIMA DE MENEZES

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA
REDUÇÃO DO TEMPO TOTAL DE SETUP EM UMA
INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PNEUS:
Estudo de Caso para implementação em extrusora de
borracha**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Linha de Pesquisa: Engenharia de Operações e Processos da Produção

Orientador: Prof. Dr. Sandro Breval Santiago

Manaus - AM

2023

Ficha Catalografica

M543a Menezes, Maurício Lima de
Aplicação da metodologia smed para redução do tempo total de setup em uma indústria de fabricação de pneus : Estudo de Caso para implementação em extrusora de borracha / Maurício Lima de Menezes . 2023
71 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Sandro Breval Santiago
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. smed. 2. Lean. 3. Changeover time. 4. Setup.. I. Santiago, Sandro Breval. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

MAURÍCIO LIMA DE MENEZES

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA
REDUÇÃO DO TEMPO TOTAL DE SETUP EM UMA
INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PNEUS:
Estudo de Caso para implementação em extrusora de
borracha**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal do Amazonas,
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção.

Linha de Pesquisa: Gestão da
Produção e Operações.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sandro Breval Santiago
Universidade Federal do Amazonas -
UFAM

Prof. Dr. Marcelo de Albuquerque de Oliveira
Membro Interno do PPGEF- UFAM

Prof. Dr. Orlem Pinheiro de Lima
Membro Externo do PPGEF – UFAM

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter permitido chegar até aqui, e me dado forças quando pensei em desistir.

À minha amada mãe e amado pai, por seu amor incondicional, que mesmo diante das dificuldades sempre dedicaram-se a oferecer-me a melhor educação, orientando-me no caminho que eu deveria seguir para alcançar meus objetivos com persistência.

A minha querida esposa e ao meu filho pelo amor, carinho, paciência e por ter me incentivado diretamente no decorrer desse período de estudo.

RESUMO

Considerando que o setor de fabricação de pneus emprega no Brasil 28,8 mil diretos e aproximadamente 819,3 mil indiretos e que o principal canal de vendas da indústria de pneus é o mercado de reposição e a rede de revendedores, que representam 60% das vendas totais do setor, e que as montadoras respondem por 24% e os 16% restante são de exportações, a entrada de produtos importados do sudeste asiático, torna-se um perigo constante para o mercado nacional e por isso os processos de fabricação locais precisam ser otimizados para aumentar a competitividade. Para sobreviver a este mercado competitivo a maioria das empresas nacionais adota uma estratégia Lean (estratégia enxuta), que resumidamente significa dar ao cliente exatamente o que ele quer, na quantidade que ele precisa e no tempo que ele desejar, com o mínimo de desperdício possível. O SMED (Single Minute Exchange Die) é uma ferramenta projetada para reduzir o tempo entre as trocas dos processos de fabricação. Neste estudo de caso, foi avaliado a implementação do SMED em um equipamento de extrusão de borracha (Duplex) que apresentou uma redução de tempo de setup de 47,3% resultando em uma melhoria de quase 20 minutos, possibilitando alavancar a capacidade produtiva de uma fábrica de pneus de motocicletas e de bicicletas, atingindo o objetivo principal que era reduzir o tempo de troca entre uma banda de rodagem de motocicleta e outra, melhorando a performance e reduzindo os desperdícios do equipamento.

Palavras-chave: *SMED, Lean, Changeover time, Setup*

ABSTRACT

Considering that the tire manufacturing sector in Brazil employs 28.8 thousand direct workers and approximately 819.3 thousand indirect workers and that the tire industry's main sales channel is the replacement market and the dealer network, which represent 60% of total sales in the sector, and that automakers account for 24% and the remaining 16% are exports, the entry of products imported from Southeast Asia becomes a constant danger for the national market and therefore local manufacturing processes need be optimized to increase competitiveness. To survive this competitive market, most national companies adopt a Lean strategy, which in short means giving the customer exactly what they want, in the quantity they need and in the time they want, with as little waste as possible. . SMED (Single Minute Exchange Die) is a tool designed to reduce the time between changes in manufacturing processes. In this case study, the implementation of SMED in rubber extrusion equipment (Duplex) was evaluated, which presented a reduction in setup time of 47.3% resulting in an improvement of almost 20 minutes, making it possible to leverage the production capacity of a motorcycle and bicycle tire factory, achieving the main objective of reducing the time it takes to change between one motorcycle tread and another, improving performance and reducing equipment waste.

Keywords: SMED, Lean, Changeover time, Setup.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Desperdício em um processo segundo a metodologia Lean.....	22
Figura 2 -Símbolos VSM	27
Figura 3 - Etapas iniciais do mapeamento de fluxo de valor	29
Figura 4 - Informação incluída num bloco do WID	31
Figura 5 - Ciclo PDCA	32
Figura 6 - 5 S.....	35
Figura 7 - Modo de funcionamento de um sistema PULL	41
Figura 8 - Representação de quantitativos da empresa.....	47
Figura 9 - : Valores da empresa	48
Figura 10 - Etapas do processo produtivo de pneu.....	49
Figura 11 - Estrutura organizacional antes e após a redução hierárquica	51
Figura 12 - PNEUS ULTRAFLEX Fonte: Michelin.....	51
Figura 13 - Pneu michelin 295 x multi energy	52
Figura 14 - XDR4 EXTRA LOAD: Pneu de mineração.....	52
Figura 15 - Representação de resultados	54
Figura 16 - Empresa em Manaus.....	54
Figura 17 - Máquina Extrusora Duplex.....	57
Figura 18 - Etapas do SMED.....	58
Figura 19 - Perdas de produção durante períodos de desaceleração e aceleração .	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Média dos tempos medidos.....	59
Quadro 2 – - Pareto das atividades de Setups.....	60
Quadro 3 – Atividades menores da Troca de Insert.....	61
Quadro 4 –Atividades menores da Troca de Insert.....	62
Quadro 5 – Resultado dos tempos após SMED.....	65
Quadro 6 –Resultado dos tempos após SMED.....	65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

MFV	Mapa do Fluxo de Valor
OEE	Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na A
TPS	Sistema Toyota de Produção
SMED	Single Minute Exchange of Die
VSM	Value Stream Mapping
WID	Waste Identification Mapping

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
1.2 PROBLEMA	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 OBJETIVOS	18
1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO E ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2. REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 LEAN MANUFACTURING E O CONTEXTO HISTÓRICO	20
2.2 PERDAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO	24
2.3 SETUPS EM SISTEMA PRODUTIVOS	28
2.4 FERRAMENTAS E TÉCNICAS LEAN MANUFACTURING	29
2.4.1 VALUE STREAM MAPPING (VSM)	29
2.4.2 WAST IDENTIFICATION DIAGRAM WD	31
2.4.3 KAIZEN.....	35
2.4.4 METODOLOGIA 5 S	36
2.4.5 GESTÃO VISUAL	39
2.4.6 NORMALIZAÇÃO DO TRABALHO	39
2.4.7 SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)	40
2.5.6 SISTEMA PULL.....	40
3. ESTUDO	41
3.1 ESTUDO DO TRABALHO	44
3.1.1 MEDIDA DO TRABALHO	44
3.1.2 ANÁLISE CRÍTICA	46
3.2 MÉTODO SMED	46
3.3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	48
3.4 AMBIENTE DE TRABALHO	48
3.5 PROCESSO PRODUTIVO	49
3.6 MODELO ORGANIZACIONAL	50
3.7 ORGANIZAÇÃO FABRIL	50
3.8 POLÍTICAS DE RH: ENCARREIRAMENTO, AVALIAÇÕES, RECONHECIMENTO E INDICADORES DE DESEMPENHO	51
3.9 PRODUTOS E SERVIÇOS: SUSTENTÁVEL POR ESSÊNCIA	51
3.9.1 ALGUNS TIPOS DE PNEUS	52
3.9.2 PROJETOS TECNOLÓGICOS E DE INOVAÇÃO	52
3.9.3 PERFORMANCE FINANCEIRA	53
3.9.4 Logística responsável	53

3.9.5 PRINCÍPIOS DE COMPRAS	54
3.9.6 ECONOMIA LOCAL MAIS FORTE	54
3.9.7 BIODIVERSIDADE	55
3.9.8 ECONOMIA CIRCULAR	55
3.9.9 MANAUS (MAN)	56
4. METODOLOGIA	56
4.1 ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO SMED	58
4.2 IMPLEMENTAÇÃO	58
4.3 TOMADA DE TEMPOS	59
4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES GARGALOS	60
4.5 MELHORIA NO PROCESSO DE TROCA DE INSERT	60
4.6 MELHORIA NO PROCESSO DE PASSAGEM DE RODAGEM NA ESTEIRA	61
4.7 MELHORIA NAS OUTRAS ATIVIDADES	62
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
7. REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A intensificação da competição entre as empresas é cada vez mais evidente, não apenas devido à globalização dos mercados emergentes, mas também devido aos avanços tecnológicos e às demandas cada vez maiores dos clientes. Perante este contexto, as empresas devem investir em técnicas e ferramentas que lhes permitam reagir com rapidez e eficácia às flutuações do mercado, produzindo produtos de elevada qualidade que satisfaçam os requisitos dos clientes a baixo custo (Alves, 2007).

Uma forma de aumentar a eficiência de um sistema de produção é identificar e remover qualquer desperdício existente no sistema. Desperdício pode ser descrito como qualquer atividade que não agrega valor ao produto, do ponto de vista do cliente (Ortiz, 2006). As atividades que não agregam valor ao produto na perspectiva do cliente podem ser definidas como trabalhos que não contribuem para aumentar o valor que o cliente está disposto a pagar pelo produto, conforme afirma Carreira (2005).

Ao adotar a filosofia de manufatura enxuta, as empresas têm a oportunidade de diminuir seus gastos erradicando desperdícios de seus processos (Carreira, 2005). Essa filosofia categoriza sete tipos de desperdício, que são os seguintes: **superprodução, excesso de estoque, transporte de materiais, movimentação de indivíduos, produtos finais defeituosos, espera e superprocessamento** (Ohno, 1988).

Duas das ferramentas fundamentais usadas na filosofia de manufatura enxuta são o Diagrama de Identificação de Desperdício (WID) e o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM). Essas ferramentas são usadas para diagnosticar sistemas de produção e identificar desperdícios. Uma vez identificado o desperdício, outras ferramentas associadas à manufatura enxuta podem ser usadas para reduzir ou mesmo eliminar o desperdício.

Alguns exemplos dessas ferramentas incluem Kaizen para melhoria contínua, 5S, gerenciamento visual, Single Minute Exchange of Die (SMED) e padronização do trabalho (Feld, 2001).

Kaizen é um dos princípios fundamentais da manufatura enxuta, que envolve a melhoria contínua dos processos em toda a organização (Green et al., 2010).

O 5S e o gerenciamento visual visam melhorar a organização do espaço de trabalho por meio do uso de sistemas simples, propositais e visuais (Ortiz, 2006). O SMED é projetado especificamente para reduzir o tempo de preparação da máquina (Shingo, 1985).

Segundo Ortiz (2006), a normalização do trabalho refere-se ao conjunto de procedimentos necessários para a conclusão de uma tarefa, que minimiza ou elimina qualquer variabilidade no tempo necessário para a conclusão da tarefa.

Tendo em vista a importância da melhoria do desempenho do sistema produtivo para a competitividade de uma empresa e a incorporação dos princípios da manufatura enxuta para facilitar essa melhoria, este estudo busca organizar o sistema produtivo de uma empresa fabricante de pneus utilizando ferramentas da manufatura enxuta. A Michellin, uma empresa fabricante de pneus globalmente, umas das maiores fabricantes em volume de vendas.

Para aumentar sua competitividade dentro do setor, investe no avanço contínuo dos processos de produção de pneus e na exploração de diversos materiais para a criação de pneus com características superiores, conferindo-lhes vantagem sobre os concorrentes. Além disso, a empresa se dedica a refinar e aprimorar seus próprios métodos de produção por meio de otimização e melhoria constantes.

A empresa reconheceu os benefícios e a importância de organizar seu sistema de produção para implementar uma filosofia de melhoria contínua em seus processos. Assim, este projeto está pensado para ir ao encontro das necessidades específicas organizando o seu sistema de produção. A empresa propôs o processo produtivo para estudo e implantação de melhorias, utilizando ferramentas de manufatura enxuta.

Devido aos avanços tecnológicos e ao aumento da competitividade global, os consumidores desejam uma variedade de produtos cada vez mais personalizados, de alta qualidade, responsivos e acessíveis (Ferradás; Salonitis, 2013).

Com isso, as empresas são obrigadas a monitorar constantemente os movimentos do mercado para melhorar a eficiência na entrega dos produtos e responder melhor às solicitações dos clientes. Portanto, é necessário que as organizações ganhem versatilidade para que possam aumentar a produção, flexibilidade e reduzir custos (Simões; Tenera, 2010).

Segundo (Gaikwad, S. P et al. 2015) observa-se que há aumento da necessidade de produção no tempo certo e com alta qualidade e que as empresas precisam aumentar a flexibilidade da fabricação produzindo lotes menores.

Nesse sentido, a capacidade de uma empresa fazer a transição rápida de um produto para outro é um passo essencial. Uma maneira de conseguir isso é reduzir o tempo de setup da máquina, o tempo entre a produção da última parte boa do lote anterior e a produção da primeira parte boa do próximo lote, por meio de um programa de troca rápida de ferramentas, pois a conversão de um lote para outro é uma das atividades mais demoradas e sem valor agregado em muitos ambientes de produção (Braglia; Frosolini; Gallo, 2016).

Isso se faz necessário devido à natureza demorada da transição entre lotes de produção, que é considerada uma das atividades com valor agregado em muitos ambientes de fabricação. Uma maneira de reduzir isso é por meio de programas de troca rápida que reduzem o tempo de configuração. A redução do tempo de configuração pode ser alcançada por meio de ferramentas e maquinário aprimorados.

Mudanças rápidas de ferramentas trazem muitos benefícios, incluindo aumento da capacidade de produção, redução de custos (Van Goubergen; Van Landeghem, 2002), melhoria da qualidade, redução de desperdício e retrabalho e redução de estoque, além de fornecerem flexibilidade do sistema e capacidade de resposta aos clientes (Allahverdi; Soroush, 2008), melhora a eficiência geral da máquina, melhora a qualidade da manutenção (Ani; Shafei, 2014) e reduz o tamanho dos lotes (Mackelprang; Nair, 2010). Notavelmente, procedimentos de troca rápida podem aumentar a produtividade em até 70% (Das; Venkatadri; Pandey, 2014) o lead time e os custos da máquina.

Devido ao novo conceito de produção, o planejamento requisita mais itens de baixo volume e um maior mix de produtos nas fábricas. A abordagem de fabricação atual, com a utilização do *Just-in-Time*, exige quantidades de produção menores, o que significa maior tempo de *SETUPS* e para sobreviver em ambientes altamente competitivos, essas empresas precisam investir em ferramentas que eliminem esses tempos não produtivos (Parwani, V. & Hu, G. 2021).

Dentre as ferramentas existentes, o método tradicional que visa reduzir o tempo de preparo é representado pelo método de troca de moldes de um minuto (*SMED*) proposto por Shigeo Shingo (Braglia; Frosolini; Gallo, 2016). A abordagem envolve a redução do tempo gasto em atividades sem valor agregado. Isso pode ser alcançado realizando atividades de preparação da máquina enquanto o equipamento está em funcionamento, o que aumenta o tempo das etapas restantes, tornando o processo de produção mais suave (Shingo, 1985).

O método *Single Minute Exchange of Die*, ou *SMED*, de Shigeo Shingo visa reduzir o tempo de preparação. Isso é alcançado realizando atividades não essenciais enquanto as máquinas já estão em execução. Ao fazer isso, mais tempo fica disponível para as etapas subsequentes, tornando o processo de produção mais contínuo. Alternativamente, a abordagem tradicional envolve a redução do tempo gasto na configuração da máquina, o que pode ser alcançado com ferramentas aprimoradas, o foco desse estudo.

De acordo com Braglia, Frosolini e Gallo (2016), a questão de como aplicar operacionalmente o conceito *SMED* a diferentes configurações e situações industriais tem recebido grande atenção dos estudiosos. Como resultado, o desenvolvimento de ferramentas para apoiar e melhorar a análise e implementação do *SMED* em todas as etapas é abraçado por profissionais e pesquisadores.

Esse método teve origem em Shigeo Shingo no final da década de 1980 e é baseado em um conjunto de técnicas que permitem que a máquina fique pronta no menor tempo possível. Além de melhorar o processo de fabricação e diminuir o tempo de fabricação (Cakmakci, 2009), o *SMED* também oferece uma forma de alterar o processo de fabricação de forma rápida e eficiente quando modificações no produto precisam ser feitas (Braglia; Frosolini; Gallo, 2016).

Shingo divide as atividades das operações de setup em atividades internas, que só podem ser realizadas quando a máquina está desligada, e atividades externas, que podem ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento.

Assim, 1985 Shigeo Shingo desenvolveu a metodologia *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*) com o objetivo de simplificar e reduzir os tempos de *setups* dos equipamentos. Com ele é possível absorver as mudanças na demanda focando na redução do *lead time*. Quanto menor o tempo de troca, menor pode ser o tamanho do lote, priorizando a separação das atividades e a transferência de elementos do setup interno para setup externo.

1.2 PROBLEMA

O foco deste estudo é a gestão de desempenho, com particular destaque para o tema da melhoria contínua. É apresentado um relatório prático, detalhando a implementação da metodologia *SMED* em uma fábrica de pisos e pneus. O relatório chamou a atenção dos proprietários da fábrica, que reconhecem a importância de tomar ações para melhorar e inovar seus processos como medida preventiva para se manterem competitivos no mercado.

De acordo com os estudos de Smith e colaboradores (2023), o conceito de melhoria contínua é um processo de inovação incremental, focado e contínuo em qualquer instituição. A partir dessa perspectiva, Johnson (2022) define a melhoria contínua como a capacidade de uma organização de perseguir um objetivo por vários meios, como melhorar o desempenho organizacional em áreas como entrega, qualidade e custo.

Para isso, as atividades de melhoria contínua devem ser coordenadas e baseadas em uma série de tarefas desenvolvidas. Esta pesquisa engloba a Metodologia SMED como uma das muitas ferramentas para a melhoria contínua. Publicado pela primeira vez no Ocidente em 1985, tem sido uma referência para a redução do tempo de configuração em máquinas. Sua aplicação resulta na eliminação de desperdícios, sejam eles de tempo, matéria-prima ou outros fatores.

Apesar de sua relevância, há uma quantidade limitada de literatura científica em torno da implementação do SMED. Entre esses trabalhos, destaca-se a pesquisa de White et al. (2021), que sugere que a Metodologia SMED pode ser aplicada além de seu contexto original de desenvolvimento. Diante disso, é fundamental questionar: Como a implementação da Metodologia SMED pode ajudar a reduzir o tempo de setup no setor de fabricação de pneus, gerando ganhos e melhorias?

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Gungor e Evans (2017) uma parte significativa das perdas nos processos de fabricação pode ser atribuída a altos custos relacionados à troca de modelos e de dimensões, em maioria das vezes, as empresas tendem a desconhecer ou subestimar esses custos.

E por isso Boran e Ekincioglu (2017) definem que um tempo de setup curto é crítico para poder produzir pequenas quantidades de uma grande diversidade de produtos e devem ser a base do *leanmanufacturing*. E com isso a redução nos tempos de setup de uma máquina ou linha, garante uma contribuição econômica para flexibilidade e para a manufatura enxuta.

Devido à customização dos pedidos dos clientes, a planta da Michelin Manaus é demandada a produzir 25 dimensões de pneus de moto simultaneamente. E por conta deste requerimento, o processo de extrusão de rodagens (DUPLEX) tornou-se o gargalo da produção.

Atualmente no processo de extrusão, são realizados em média 17 setups por dia tornando alta a complexidade de planejamento deste processo. O equipamento

(DUPLEX) perde em média aproximadamente 35% de OEE por conta de setups e devido a este motivo, esse trabalho se faz necessário para redução dos tempos de troca e aumento de capacidade.

Além do atual cenário, ainda existe a previsão para aumentar o portfólio da fábrica para produzir 30 dimensões de moto em paralelo até o final de 2023.

1.4 OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivo reduzir o tempo de configuração de Setup da extrusora duplex para aumentar o rendimento e resolver gargalos. Para atingir isso, este trabalho buscou:

- a) Analisar o tempo médio dos Setups no processo de fabricação de rodagens;
- b) Implementar a cultura Lean nas equipes envolvidas
- c) Organizar o fluxo de Setup
- d) Flexibilizar o sistema de produção
- e) Propor novas soluções que eliminem tempos desnecessários

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO E ESTRUTURA DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é realizar uma pesquisa descritiva que explora e caracteriza um assunto teórico, empregando abordagens qualitativas e quantitativas. A análise dos dados coletados será conduzida por meio de ferramentas e métodos de qualidade amplamente reconhecidos. A pesquisa adota uma abordagem dedutiva na qual um conceito geral é aplicado a cenários específicos, permitindo a formulação de conclusões.

Este projeto tem seu ponto de partida nos princípios abrangentes do SMED, dos quais se pode inferir que a implementação dessa metodologia em um contexto específico gerou resultados consistentes e sustentáveis. No entanto, para alcançar esse êxito, foi necessário um planejamento cuidadoso e sequencial. Nesse sentido, este trabalho se concentra no desenvolvimento de um plano de melhoria que pode ser implementado de forma progressiva.

Por fim, o estudo inclui a avaliação dos níveis de maturidade, realizada com base em um modelo selecionado e utilizando os dados coletados. Os resultados

obtidos são embasados nas principais referências adquiridas por meio de um estudo bibliométrico.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 LEAN MANUFACTURING E O CONTEXTO HISTÓRICO

Lean Manufacturing, ou Manufatura Enxuta, é uma abordagem de gestão que se originou no Japão nas décadas de 1950 e 1960, e tem sido uma influência significativa na forma como as empresas ao redor do mundo operam. Essa abordagem revolucionária é um reflexo do contexto histórico em que surgiu e foi moldado por diversos autores contemporâneos.

O contexto histórico do Japão pós-Segunda Guerra Mundial desempenhou um papel crucial no desenvolvimento do Lean Manufacturing. Após a devastação da guerra, o Japão estava em uma situação econômica precária e precisava encontrar maneiras eficazes de reconstruir sua indústria. Nesse cenário, autores como Taiichi Ohno, um engenheiro da Toyota, desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, que se tornou o alicerce do Lean Manufacturing. Ohno enfatizou a eliminação de desperdícios, a produção puxada, a melhoria contínua e a qualidade.

Outro autor influente no contexto histórico do Lean Manufacturing é Shigeo Shingo, que trabalhou em estreita colaboração com Taiichi Ohno. Shingo é conhecido por suas contribuições à redução de tempos de configuração de máquinas e à eliminação de defeitos, com conceitos como o Sistema SMED (Single-Minute Exchange of Die) e o Poka-Yoke (à prova de erros). Essas ideias são essenciais para a eficiência e a qualidade na manufatura enxuta.

À medida que o Lean Manufacturing se espalhava pelo mundo, outros autores contemporâneos contribuíam para sua evolução. James Womack e Daniel Jones, em seu livro "A Máquina que Mudou o Mundo" (1990), apresentaram o conceito de Lean Manufacturing ao público ocidental, destacando os princípios fundamentais que haviam observado nas operações da Toyota no Japão. Eles popularizaram o termo "Lean" e mostraram como a abordagem poderia ser aplicada em diversas indústrias.

O contexto histórico de globalização e competição acirrada nas décadas seguintes também contribuiu para a disseminação do Lean Manufacturing. Autores como Jeffrey Liker, autor de "The Toyota Way" (2004), explicaram detalhadamente os

princípios do Lean e como eles poderiam ser adaptados e aplicados em várias organizações ao redor do mundo.

Hoje, o Lean Manufacturing continua a evoluir e se adaptar a novos contextos. Autores contemporâneos, como Mike Rother, autor de "Toyota Kata" (2009), estão explorando a importância da cultura de melhoria contínua e do pensamento científico no Lean. Além disso, a tecnologia e a automação desempenham um papel crescente na implementação do Lean, com autores e praticantes explorando como a Indústria 4.0 e a Internet das Coisas (IoT) podem ser integradas aos princípios enxutos para melhorar ainda mais a eficiência e a qualidade.

O Lean Manufacturing tem raízes profundas no contexto histórico do pós-guerra no Japão, e sua evolução ao longo das décadas foi moldada por uma série de autores notáveis. A abordagem Lean continua a ser uma influência poderosa na gestão de operações e na busca pela eficiência em todo o mundo, adaptando-se às necessidades em constante evolução das organizações modernas.

Antes do advento da produção em massa, as empresas utilizavam principalmente métodos de produção artesanal para fabricar os seus produtos. Para compreender os conceitos fundamentais que compõem o paradigma da produção enxuta, é essencial primeiro apresentar e explicar os princípios da produção em massa, da produção artesanal e do Sistema Toyota de Produção (TPS). Isto exigia trabalhadores altamente especializados e com o conhecimento necessário para executar todas as tarefas necessárias à fabricação de um determinado produto.

2.2 PERDAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO

A O foco inicial de Shingo (1996) não está na noção de perda, mas sim no tema das operações. Ele distingue as operações em duas categorias principais. As atividades que realmente aumentam o valor de um produto podem ser definidas como operações que agregam valor. Essas atividades envolvem a conversão de matérias-primas, o que pode incluir a modificação de sua forma ou qualidade. Exemplos de tais atividades incluem montagem, forjamento, estampagem e soldagem.

Operações sem valor agregado referem-se a atividades que não desempenham um papel na conversão de matérias-primas em produtos acabados. Exemplos de tais atividades incluem caminhar para obter peças e

desembalar peças de fornecedores.

Perda pode ser definida como qualquer atividade que não contribui para o valor das operações. Na busca por maximizar a produtividade e minimizar as perdas, empresas com foco na produção em larga escala têm implementado metodologias que abrangem os aspectos mais relevantes dos processos produtivos.

De Aragão e Irlam (2007) sugerem a utilização de um sistema que compare os resultados de uma empresa com referências estabelecidas para identificar os principais grupos de perdas de negócios:

Uma vez identificadas essas perdas, a organização como um todo deve implementar ações para minimizá-los ou eliminá-los. Essa abordagem é conhecida como "Árvore de Perdas" e fornece um método estruturado para identificar, priorizar e eliminar perdas.

Em 1988, Taiichi Ohno estabeleceu que qualquer ação que gaste recursos, elevando os custos de produção sem agregar valor ao produto final, é considerada desperdício. O desperdício pode ser encontrado em todas as facetas de uma organização e pode ser definido como qualquer atividade que utiliza recursos, mas não aumenta o valor do produto. Em última análise, esse desperdício leva a preços mais altos para o cliente.

Os produtos devem ser produzidos tendo em mente as necessidades do cliente, e qualquer atividade que agregue valor ao produto final é considerada valiosa. Todas as outras atividades que não contribuam para aumentar o valor do produto são consideradas desnecessárias e devem ser eliminadas (Carreira, 2005).

Para localizar e eliminar práticas de desperdício dentro de uma empresa, é crucial categorizar todas as atividades atuais para diferenciar entre ações que agregam valor e não agregam valor na perspectiva do cliente (Ortiz, 2006).

Em sua publicação "Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production" (Ohno, 1988), Taiichi Ohno identificou sete tipos de desperdício que a implementação da manufatura enxuta busca erradicar.

Os defeitos referem-se a produtos que não atendem aos padrões de qualidade estabelecidos pelos responsáveis na qualidade do produto. O descumprimento dessas normas pode acarretar na rejeição do produto por parte dos clientes ou na

necessidade de reintrodução de características inicialmente inviáveis nos processos produtivos (Ortiz, 2006).

A produção de produtos defeituosos acarreta aumento de custos para as empresas, pois materiais, equipamentos e mão-de-obra foram gastos, mas os produtos não podem ser vendidos e devem ser retrabalhados ou, no pior dos casos, descartados como sucata. Portanto, é imperativo identificar as causas da produção defeituosa e propor soluções para resolver esses problemas.

Ortiz, 2006, afirma que o excesso de estoque, por outro lado, é o acúmulo de matérias-primas, produtos parcialmente manufaturados ou produtos acabados em qualquer etapa da produção. A manutenção de estoques excessivos dentro de um sistema produtivo pode mascarar outros tipos de desperdícios e problemas existentes.

No entanto, ao reduzir os níveis de estoque, quaisquer problemas obscuros podem ser trazidos à tona e tratados adequadamente, conforme observado por Abdullah (2003). Um diagrama, conforme mostrado na Figura 1, pode ser utilizado para demonstrar os problemas típicos que podem surgir do acúmulo de excesso de estoque.



Figura 1 Desperdício em um processo segundo a metodologia Lean
Fonte: M (Rother et al., 1999)

A existência de estoque excessivo pode ter várias causas, incluindo desequilíbrios nos processos de produção, problemas com a qualidade do produto, indisponibilidade de equipamentos e longos tempos de preparação das máquinas. A

superprodução, conforme definida por Ortiz (2006), é a fabricação desnecessária de quantidades que excedem a demanda e produzidas antes de serem realmente necessárias.

Este desperdício resulta em níveis de estoque excedentes (Hines et al., 2010) e é considerado por Abdullah (2003) e The Productivity Development Team (1998) como o mais prejudicial dos sete tipos de desperdício, uma vez que tende a dar origem a outras formas significativas de desperdício, como excessos de estoque. O desperdício da superprodução dá origem a inconsistências no fluxo de materiais e de informação, bem como ao armazenamento desnecessário de bens intermediários e acabados (Pinto, 2008).

Várias estratégias podem ser empregadas para eliminar esse desperdício, uma delas envolve a minimização do tamanho dos lotes de produção. Para que um sistema de produção seja mais responsivo às mudanças na demanda, é essencial minimizar os tempos de setup das máquinas e, ao mesmo tempo, reduzir o tamanho dos lotes de produção (Abdullah, 2003).

Essa capacidade de se adaptar prontamente é comumente chamada de flexibilidade. Ao minimizar o tempo de preparação da máquina, torna-se mais fácil e rápido mudar de um produto para outro, permitindo maior flexibilidade na produção. Essa maior adaptabilidade permite que a empresa responda mais rapidamente às flutuações da demanda, o que, por sua vez, permite que lotes de produção menores sejam produzidos, alinhando-se mais de perto com as solicitações dos clientes.

Além de maiores tempos de setup, a superprodução pode ocorrer devido a outros fatores, como produzir maiores quantidades de produtos para evitar possíveis avarias nas máquinas ou a ocorrência frequente de produtos defeituosos (Ortiz, 2006).

De acordo com Hines et al. (2010), as esperas ocorrem quando os recursos ficam indisponíveis no tempo em que são necessários. Isso geralmente ocorre porque os recursos estão ociosos enquanto esperam por outros recursos. São várias as causas desse tipo de desperdício, como processos de balanceamento inadequados, falta de material, quebra de equipamentos, tempo prolongado de preparação de máquinas e comunicação ineficaz.

O processamento excessivo é outro tipo de desperdício que pode ocorrer durante atividades desnecessárias que não contribuem para o processamento ou valor do produto final. A falta de padronização na sequência do processo de fabricação pode ser uma das principais causas desse desperdício, conforme destaca

Ortiz (2006).

Além disso, o uso de ferramentas de trabalho menos eficientes ou o desenvolvimento ineficiente de produtos podem levar a operações adicionais que aumentam os custos de produção da empresa (Barreiro, 2010). Os movimentos que ocorrem durante os processos, mas não agregam valor ao produto final, são referidos como movimentos desnecessários.

Esta descrição é baseada na definição de Womack et al. (1996). A falta de organização do local de trabalho e o não armazenamento e rotulagem adequados de materiais e ferramentas muitas vezes levam a esse tipo de desperdício. O transporte de materiais de um local para outro é uma atividade necessária, mas pode resultar em desperdício de tempo, recursos e aumento de custos.

É, portanto, classificada como uma atividade sem valor agregado que deve ser eliminada, conforme observado por Hines et al. (2010). O layout inadequado do local de trabalho, que cria distâncias excessivas entre os postos de trabalho, é uma das principais causas desse tipo de desperdício.

2.3 SETUPS EM SISTEMAS PRODUTIVOS

O conjunto de todos os procedimentos a serem realizados em uma máquina ou em um processo produtivo com o objetivo de alterar as especificações do produto (trocar-lo ou substituí-lo) é denominado “setup”. O tempo necessário para esse processo é calculado desde a criação do produto mais recente (Tipo A) até a criação do produto inicial de alta qualidade (Tipo B).

Da mesma forma, o *pit stop* durante uma corrida de Fórmula 1 pode ser comparado a uma fase de preparação. Este é o momento em que o carro de corrida é parado para que seus pneus sejam trocados e reabastecidos. É importante que a equipe de box trabalhe da forma mais rápida e eficiente possível para que o piloto possa retornar à pista sem demora.

Em comparação com as corridas anteriores, é evidente que o tempo gasto para essas operações diminuiu significativamente devido à implementação de técnicas e métodos ágeis. Isso resultou em trocas de equipamentos em poucos segundos (Fm2s Consultoria, 2017). Os procedimentos de configuração podem ser categorizados em dois estágios distintos.

A configuração interna de uma máquina abrange uma série de atividades que

só podem ser realizadas quando a máquina não está em operação. Essas atividades podem incluir procedimentos como montagem ou desmontagem, juntamente com testes, ajustes de posição, altura e pressão, entre outros fatores.

As atividades de configuração executadas enquanto a máquina está em operação são chamadas de Configuração Externa. Essas atividades podem incluir limpeza, preparação de carimbo, deslocamento e outros. Quando os produtos são processados em lotes, todo o lote é mantido em estoque, exceto a parte que está sendo processada, tanto na forma de matéria-prima quanto de produto acabado, até que todos os produtos do lote sejam processados.

Com isso, há um período de espera por esses produtos (Shingo; Shigeo, 1996). Antes da implementação do Sistema Toyota de Produção, esses tempos de espera não recebiam muita consideração, pois eram normalmente considerados como parte dos tempos de processamento. Além disso, esses tempos não são facilmente percebidos ao analisar eficiências de produção em grandes lotes.

A justificativa para aumentar o tamanho do lote foi baseada na suposição de que isso compensaria as esperas causadas por configurações altas. Se levar seis horas para mudar a configuração do equipamento e o tempo necessário para fabricar uma unidade de um determinado produto for de dois minutos, haverá uma redução significativa no tempo aparente de processamento quando o tamanho do lote aumentar de 100 peças para 1000 (Mesa 2).

A análise revela que o ciclo de produção é significativamente estendido pelo tempo de setup, conforme pode ser observado no quadro 3 (shingo; shigeo, 1996). Quando vistas do ponto de vista da produção macro, as informações apresentadas acima sobre a influência do setup no tempo de produção são precisas. No entanto, é fundamental observar o efeito que o estoque gerado pela superprodução tem sobre as despesas de uma organização.

Slack (1999) sugere que existem várias maneiras de limitar esses tipos de perdas no processo de produção, como reduzir o tempo necessário para localizar ferramentas e equipamentos, preparar tarefas que estendem os tempos de troca e fazer a manutenção regular dos equipamentos. Geralmente, os tempos de configuração podem ser significativamente reduzidos com a implementação de pequenas alterações mecânicas.

Além disso, mudar as tarefas internas de configuração, que normalmente são executadas enquanto a máquina está ociosa, para tarefas externas de configuração,

que podem ser executadas enquanto a máquina está funcionando, é outra abordagem comum para diminuir os tempos de configuração. No Lean Manufacturing, essa metodologia é conhecida como SMED. Os "setups" desempenham um papel crítico nos sistemas produtivos da atualidade, com um foco crescente em eficiência e produtividade. Autores contemporâneos têm explorado essa temática, fornecendo insights valiosos sobre o assunto.

Uma referência recente notável é o estudo de Smith (2022), analisaram a importância dos setups em sistemas produtivos modernos. Eles destacaram a necessidade de reduzir o tempo de setup para melhorar a eficiência operacional e minimizar o desperdício. Seu trabalho ressalta a aplicação de técnicas avançadas de gestão de produção para otimizar os processos de setup e, assim, aumentar a flexibilidade e a capacidade de resposta das organizações às demandas do mercado.

Além disso, o trabalho de Johnson (2021) trouxe à tona a evolução das estratégias de setup em sistemas produtivos, com um enfoque especial na indústria 4.0. Johnson argumenta que a integração de tecnologias de automação, Internet das Coisas (IoT) e análise de dados desempenha um papel crucial na redução dos tempos de setup e no aumento da eficiência na produção. Essa abordagem abre oportunidades para sistemas produtivos mais ágeis e adaptáveis às mudanças nas demandas do mercado.

Em um contexto mais amplo, o estudo de White (2021) explorou os impactos dos setups em sistemas produtivos sob a perspectiva da sustentabilidade. Eles enfatizam a importância de minimizar os desperdícios de recursos, como matéria-prima e energia, durante os processos de setup. A otimização dos setups não apenas melhora a eficiência operacional, mas também contribui para a redução do impacto ambiental das operações produtivas.

Os setups desempenham um papel fundamental nos sistemas produtivos contemporâneos, e autores recentes enfatizam a importância de abordagens inovadoras e tecnologias avançadas para aprimorar a eficiência, a sustentabilidade e a capacidade de adaptação das organizações. Essas pesquisas oferecem valiosas diretrizes para enfrentar os desafios da produção moderna.

2.4 FERRAMENTAS E TÉCNICAS LEAN MANUFACTURING

Para melhor entendimento será realizada uma análise da bibliografia apresenta-se a seguir algumas ferramentas e técnicas relacionadas ao paradigma de manufatura enxuta que possam identificar e eliminar os desperdícios. As ferramentas e técnicas para as quais o autor fará uma revisão bibliográfica são ValueStream Mapping (VSM), WasteIdentification Mapping (WID), Kaizen, 5S, Visual Management, WorkStandardization e Chip Single Minute Exchange (SMED). Será realizada uma análise crítica da bibliografia.

2.4.1 Value Stream Mapping (VSM)

O principal objetivo do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) é distinguir entre as atividades que agregam valor e aquelas que não agregam no sistema de produção de uma organização. Essa ferramenta de manufatura enxuta tem um nome apropriado, pois é uma representação visual da cadeia de valor inerente a um sistema de produção.

Abrange todos os processos envolvidos na produção, desde o momento em que um pedido (ou ordem de produção) é recebido até o momento em que é entregue ao cliente. Identifica todas as atividades que são essenciais para garantir que o produto seja entregue ao cliente, satisfazendo seus requisitos (Womack et al., 1996).

A abordagem descrita nesta metodologia centra-se no mapeamento do movimento de informações e materiais em toda a organização. A Figura 2 fornece uma descrição ilustrativa de um Value Stream Map (VSM) em ação. O exemplo VSM destaca cinco processos produtivos diferentes, cada um com seus respectivos tempos de ciclo, tempos de preparação da máquina, tamanhos de lote, tempo disponível e taxas de utilização da máquina.

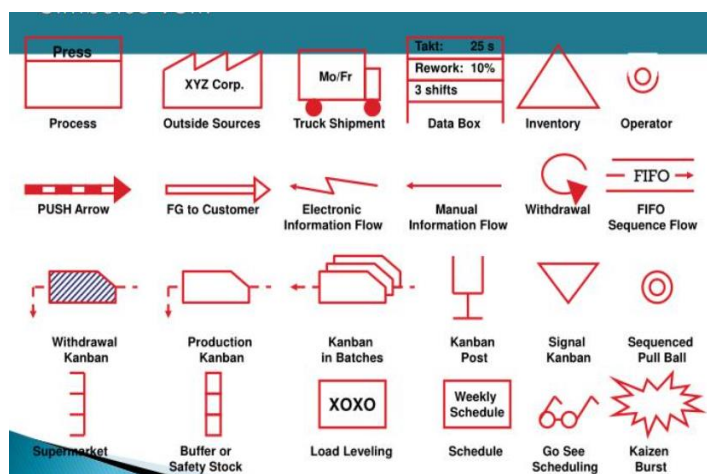


Figura 2 -Símbolos VSM
Fonte: M (Rother et al., 1999)

A imagem triangular dentro do mapa mostra o trabalho em andamento (WIP) que existe entre cada processo. Além disso, o mapa distingue entre processos que agregam valor e aqueles que não contribuem para o produto final.

Por meio do processo de distinção entre atividades que agregam valor e aquelas que não agregam valor, torna-se possível identificar as áreas ou processos que apresentam maior grau de ineficiência. Uma vez identificados, podemos propor e executar melhorias especificamente voltadas para a eliminação desses desperdícios.

O primeiro passo na análise dos produtos de uma empresa é estabelecer em qual produto específico ou família de produtos focar. Uma ferramenta útil para essa tarefa é o diagrama de Pareto, que pode ajudar a determinar quais itens devem ser analisados no Mapa do Fluxo de Valor (VSM). Ao usar um diagrama de Pareto, fica mais fácil identificar qual produto ou família de produtos tem o impacto mais significativo nas vendas gerais de uma empresa.

A segunda etapa do processo envolve a criação de um Mapa do Fluxo de Valor (VSM) que corresponda ao estado atual da empresa. Para conseguir isso, é imperativo identificar e descrever todos os processos utilizados na produção do produto ou grupo de produtos que está sendo examinado.

Posteriormente, o VSM deve ser analisado para identificar eventuais ineficiências e desperdícios existentes, devendo ser tomadas decisões sobre as ações que devem ser tomadas para removê-los. Essas ações serão determinadas com base na aplicação das ferramentas de manufatura enxuta mais adequadas para o cenário específico, com o objetivo final de eliminar os desperdícios identificados.

A terceira etapa envolve a produção de um novo VSM que represente o sistema de produção desejado, o que é alcançado por meio da implementação de ferramentas de manufatura enxuta destinadas a remover os desperdícios que foram identificados no VSM do estado atual da empresa.

Finalmente, a quarta etapa envolve a criação de um plano de implementação de melhoria que emprega as ferramentas de manufatura enxuta acordadas. Após a implementação das ferramentas de manufatura enxuta, torna-se imperativo atualizar o VSM de acordo com a situação atual. Como etapa final, é fundamental realizar uma avaliação do trabalho realizado e comparar os resultados alcançados com os resultados esperados.

2.4.2 Waste Identification Diagram (WID)

O Diagrama de Identificação de Resíduos (WID) fornece informações complementares a um Mapa de Fluxo de Valor (VSM) por meio de uma representação esquemática. O WID é composto por dois tipos de símbolos (blocos e setas) que são visualmente informativos sobre aspectos e indicadores importantes do sistema que está sendo modelado.

Com o WID é possível determinar rapidamente o tempo necessário para o trânsito, o esforço necessário para o transporte, a duração da preparação da máquina, a quantidade de produtos no processo de fabricação, bem como o tempo de ciclo do processo, entre outros fatores (Sá J. C., 2010). A Figura 8 representa o formato de bloco utilizado para compilar os dados coletados do sistema de produção no diagrama WID.

A abordagem delineada envolve a representação de informações e movimentos de materiais dentro de uma organização. Um exemplo de Mapa do Fluxo de Valor pode ser visto na Figura x, que apresenta a visualização de 5 processos produtivos. Cada processo de produção é acompanhado por dados que descrevem o tempo de ciclo, tempo de preparação da máquina, tamanho do lote, tempo disponível e taxa de utilização da máquina. A imagem triangular exibida indica a quantidade de Work in Progress (WIP) entre processos, com processos que agregam valor diferenciados daqueles que não agregam.

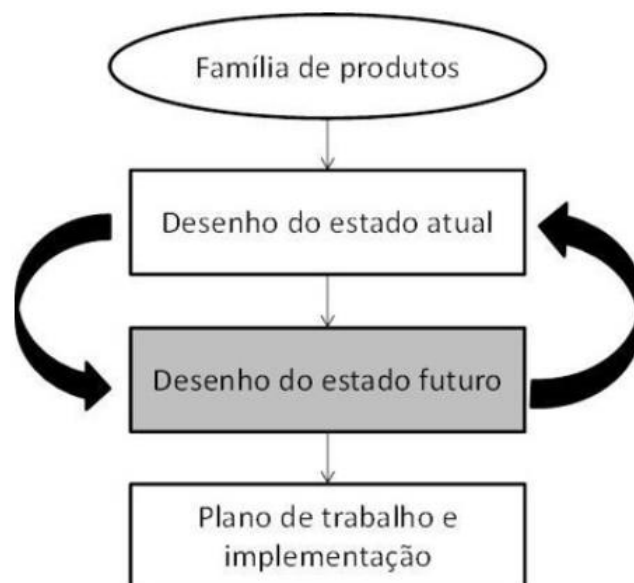


Figura 3 - Etapas iniciais do mapeamento de fluxo de valor
Fonte: Rother; shook (2009)

Por meio do processo de distinguir as atividades que agregam valor daquelas que não agregam valor, torna-se viável identificar as áreas ou processos específicos que geram mais resíduos. Isso, por sua vez, nos permite propor e executar modificações que visam eliminar esses desperdícios.

A primeira etapa do processo é determinar o produto específico ou grupo de produtos que requer análise. Para conseguir isso, um diagrama de Pareto pode ser empregado para identificar qual produto ou grupo de produtos necessita de análise no Mapa do Fluxo de Valor. Ao utilizar o diagrama de Pareto, torna-se simples discernir qual produto ou grupo de produtos tem o impacto mais significativo nas vendas gerais de uma empresa.

Para iniciar a segunda etapa, o VSM deve ser criado para corresponder ao estado atual da empresa. Isso envolve a identificação e descrição de todos os processos utilizados na produção do produto ou família de produtos sob exame. Com o VSM instalado, o próximo passo é inspecionar e identificar todos os resíduos existentes atualmente, o que servirá de base para a tomada de decisão quanto à eliminação de resíduos.

Os métodos escolhidos devem ser baseados nas ferramentas de manufatura enxuta mais adequadas ao cenário atual, com ações específicas para erradicar os desperdícios identificados. Em seguida, deve-se construir um novo VSM que represente o sistema de produção desejado, o que seria viabilizado pela implantação de ferramentas de manufatura enxuta que visam eliminar os desperdícios previamente identificados no VSM que refletem o estado atual da empresa.

Finalmente, o quarto e último passo é criar um plano de implementação de melhoria que use as ferramentas de manufatura enxuta que foram acordadas anteriormente. Após a implementação das ferramentas de manufatura enxuta, torna-se imperativo revisar o Mapa do Fluxo de Valor (VSM) de acordo com a situação atual. Além disso, é fundamental realizar uma avaliação criteriosa do trabalho realizado e comparar os resultados alcançados com as expectativas pré-determinadas.

O Diagrama de Identificação de Resíduos (WID) serve como uma ajuda visual complementar para as informações fornecidas por um VSM. Dois tipos de símbolos, blocos e setas, são utilizados na construção de um WID, com suas respectivas dimensões físicas fornecendo pistas visuais imediatas que são indicativas de aspectos importantes do sistema que está sendo modelado.

Alguns dos aspectos que podem ser facilmente visualizados por meio de um WID incluem trânsito time, esforço de transporte, tempos de preparação de máquinas, quantidade de produtos no processo de fabricação, tempo de ciclo do processo, entre outros. O formato dos blocos utilizados para compilar as informações do sistema de produção no diagrama WID é apresentado na Figura 4.

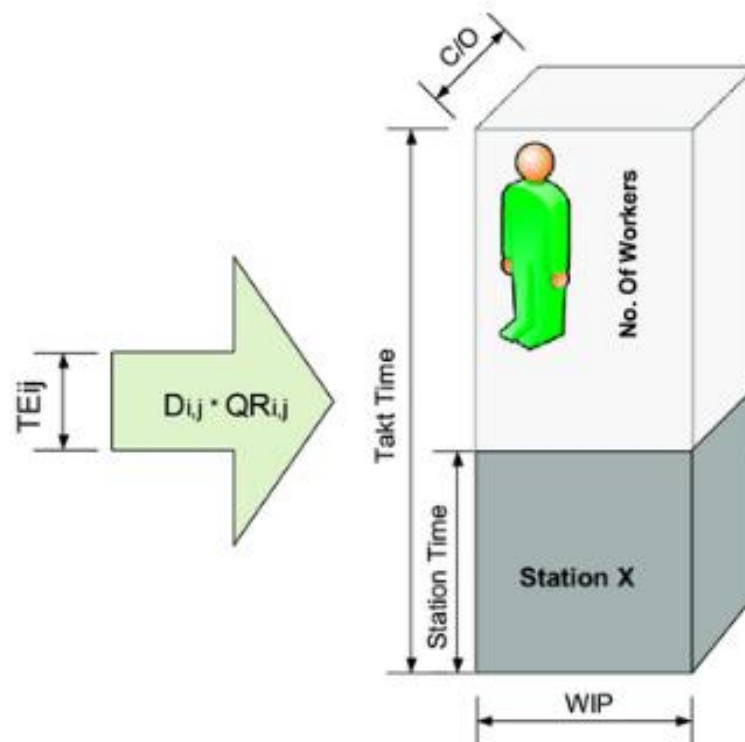


Figura 4 - Informação incluída num bloco do WID
Fonte: Sá et al., 2011

O valor do Takt Time (TT) é representado pela altura do bloco, enquanto o tempo de ciclo (TC) do processo/estação é representado pela seção verde do bloco. O comprimento do bloco é proporcional à quantidade de Work In Process (WIP) observada a montante do processo, e a profundidade do bloco significa o tempo necessário para a preparação da máquina durante as trocas de artigos, conforme explicado por Sá et al. em 2011.

As setas são os símbolos escolhidos para representar o transporte entre postos de trabalho ou estações. A largura da seta corresponde à quantidade de esforço necessária para o transporte específico. Se o esforço for maior, a flecha será mais larga; inversamente, se for menor, a flecha será mais estreita. Notavelmente, o comprimento das setas permanece estático.

O esforço necessário para o transporte pode ser quantificado em várias unidades, dependendo do processo em estudo. Nos exemplos anteriores, o esforço foi medido pelo produto do peso da mercadoria transportada em quilogramas por dia e a distância percorrida em metros durante o transporte. Outra situação envolve o cálculo do custo incorrido durante o processo de transporte em um determinado período, geralmente um mês.

2.4.3 Kaizen

A filosofia da manufatura enxuta é construída sobre vários princípios fundamentais, um dos quais é a metodologia kaizen (Green et al., 2010). Kaizen, termo japonês que significa “melhoria contínua” em português, é uma metodologia com o objetivo de instigar atividades que agreguem valor e eliminem desperdícios. A melhoria contínua, como o nome sugere, é um meio de aprimorar processos de forma constante e incremental (Ohno, 1988).

A abordagem kaizen está centrada na melhoria contínua dos processos em busca de um estado ideal (Melton, 2005). Este método baseia-se na combinação de atividades habituais que visam identificar e eliminar o desperdício, estabelecer padrões e conseguir um espaço de trabalho limpo e bem organizado.

Em 1950, W. Edwards Deming concebeu uma ferramenta que delineia os passos essenciais para iniciar um programa de melhoria contínua (Pinto, 2008). Essa ferramenta é chamada de ciclo PDCA (como mostra a figura 5), que é uma metodologia recursiva que integra os processos de planejamento, execução, confirmação e ação corretiva.

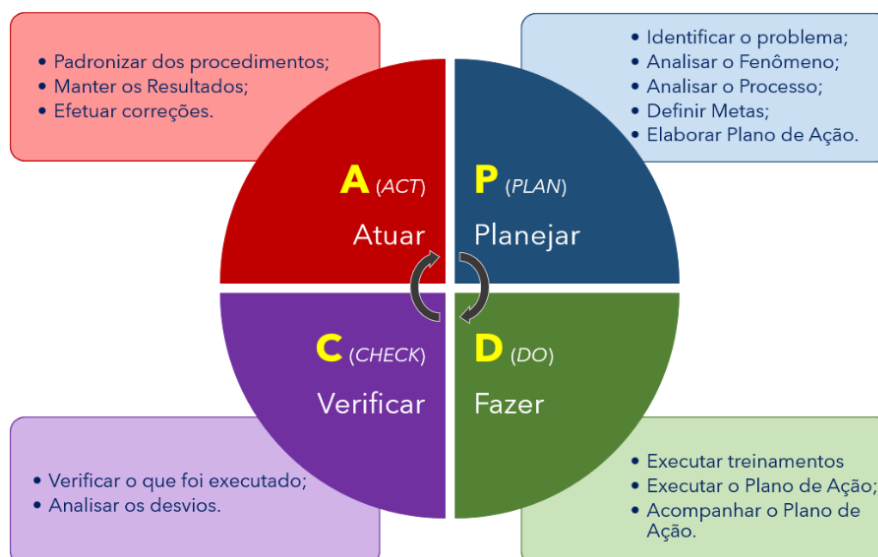


Figura 5 - Ciclo PDCA
Fonte: Sá et al., 2011

O processo de planejamento envolve definir e estabelecer uma estratégia para identificar problemas e planejar ações que levarão aos resultados pretendidos. A estratégia também abrange a seleção do modelo organizacional correto e o envolvimento dos indivíduos certos no processo de aprimoramento das operações (Hines et al., 2010).

A fase de implementação requer a execução das atividades planejadas na etapa anterior. Isso requer o envolvimento de todos os membros da equipe que devem estar cientes das atividades que precisam ser realizadas para implementar o plano estabelecido (Hines et al., 2010). Durante a fase de verificação, é monitorizada a implementação das ações definidas e avaliados os respectivos resultados. Esta fase envolve uma comparação dos resultados esperados com os resultados reais obtidos.

É necessário identificar quais objetivos foram alcançados por meio da implementação de ações específicas e quais objetivos não foram alcançados. A etapa final é a etapa de ação, onde as ações realizadas nas etapas anteriores são revisadas para garantir que sejam totalmente cumpridas.

Para alcançar os resultados desejados, é imperativo estabelecer um conjunto padrão de ações (Barreiro, 2010). Nessa fase, identificam-se os objetivos não atendidos pelas medidas anteriores e repetem-se as etapas do ciclo PDCA para garantir que sejam tomadas as ações necessárias para atingir os resultados previstos que não foram alcançados no ciclo anterior.

2.4.4 Metodologia 5S

A fim de promover uma melhoria gradual e sustentada dentro das empresas, a metodologia 5S é frequentemente utilizada como ferramenta (Abdullah, 2003). Essa metodologia é composta por cinco atividades distintas que visam promover um espaço de trabalho organizado e eficiente e aderente aos princípios da manufatura enxuta (Melton, 2005).

A implementação da metodologia 5S é realizada em etapas sequenciais, cada uma indicada por uma palavra japonesa que começa com a letra S. Essas etapas incluem a eliminação (Seiri) de materiais que não são necessários para a tarefa em questão, o arranjo (Seiton) de materiais essenciais, a limpeza (Seiso) da área, os esforços para normalizar (Seiketsu) o espaço e a manutenção contínua (Shitsuke) do ambiente ordenado.

O passo inicial no método 5S, "Seiri" ou "Classificar", envolve a remoção de quaisquer itens e equipamentos não essenciais do espaço de trabalho (Ortiz, 2006). Existem várias razões pelas quais materiais desnecessários podem se acumular na área de trabalho, como avanços tecnológicos e introdução de novos recursos de produtos.

Essas circunstâncias geralmente resultam na substituição de itens desatualizados por novos e na adição de novas ferramentas. Se os materiais e dispositivos desatualizados não forem eliminados durante essas mudanças, eles se acumularão no espaço de trabalho, criando desordem e confusão.

Para executar adequadamente as tarefas atribuídas em uma estação de trabalho, é crucial identificar e organizar materiais e ferramentas essenciais, desconsiderando quaisquer itens desnecessários. Armários adequados e sistemas de armazenamento podem precisar ser utilizados para garantir a acessibilidade dos materiais quando necessário.

É importante identificar locais específicos para cada material e rotulá-los adequadamente. A quantidade de cada material necessário também deve ser determinada previamente. É essencial identificar todos os materiais presentes no local de trabalho.

Um aspecto crucial para manter um ambiente de trabalho produtivo é implementar um Seiso, ou um sistema de limpeza e organização. Manter a área de trabalho e as máquinas limpas não apenas aumenta o apelo estético do espaço de trabalho, mas também facilita a identificação imediata de qualquer problema ou mau

funcionamento em potencial. Além disso, um local de trabalho organizado comunica um sentimento de orgulho pelos produtos produzidos. Como observa Pinto (2008), um local de trabalho limpo e organizado reforça a noção de produção de alta qualidade.

A terceira etapa da metodologia 5S é Normalizar (Seiketsu), que consiste em estabelecer normas e padrões claros de acordo com parâmetros específicos. Isso inclui garantir que todos os materiais e ferramentas necessários para o processo de trabalho sejam atribuídos a um local definido e apropriado na estação de trabalho. O treinamento adequado é essencial durante esta fase, pois os operadores precisam entender como o espaço de trabalho deve ser organizado e onde cada material pertence.

A padronização do posto de trabalho facilita a identificação de eventuais situações anormais, facilitando aos operadores a manutenção de um espaço de trabalho consistente e organizado. A ferramenta de gerenciamento visual também pode ser usada em conjunto com o 5S para simplificar e agilizar ainda mais a organização da estação de trabalho.

A etapa que representa o maior desafio na manutenção de um ambiente de trabalho é o Shitsuke, conforme afirma Ortiz (2006). Isso implica a necessidade de regulamentar e fiscalizar o cumprimento de normas e padrões estabelecidos. Devem ser realizadas inspeções regulares dos postos de trabalho para garantir que cumpram as regras estipuladas.

A implementação da metodologia 5S ajuda os operadores a identificar instâncias de desordem no processo, promovendo a conscientização dos benefícios de ter um ambiente de trabalho ordenado (Fujimoto, 1999). Ao aplicar a abordagem 5S, o local de trabalho pode ser transformado em um ambiente limpo, prático e seguro.

O processo de definir e designar áreas específicas para todas as ferramentas dentro de uma estação de trabalho garante que elas sejam organizadas e facilmente acessíveis aos operadores. Isso elimina a necessidade de os operadores procurarem ferramentas, economizando um tempo valioso que pode ser alocado para outras tarefas, observe a figura 6.



Figura 6 - 5 S
Fonte: Ortiz, 2006

Em última análise, a implementação da metodologia 5S melhora as condições de trabalho dos operadores, reduz a probabilidade de acidentes de trabalho e reduz o acúmulo desnecessário de materiais.

2.4.5 Gestão visual

O gerenciamento visual é uma ferramenta eficaz de manufatura enxuta que apresenta informações relacionadas a um sistema ou processo de produção específico de maneira visualmente intuitiva. Isso permite que os indivíduos interpretem com rapidez e precisão as informações apresentadas, que podem ser usadas para controlar o processo, eliminar erros e economizar tempo.

Além disso, a gestão visual também visa definir como um processo de trabalho deve ser realizado, identificar os materiais e ferramentas necessários para realizar a tarefa e fornecer instruções sobre como usá-los. Também estabelece a localização de materiais e ferramentas, determina os níveis de estoque necessários e destaca os perigos potenciais e as medidas de segurança correspondentes.

Ao disponibilizar as informações prontamente na estação de trabalho, os

problemas podem ser identificados e resolvidos rapidamente, e as melhorias podem ser implementadas e monitoradas com facilidade. O gerenciamento visual é mais eficaz quando compartilhado entre um grupo de indivíduos que podem colaborar e contribuir para a solução de problemas.

2.4.6 Normalização do trabalho

O ato de padronizar o trabalho determina que todos os operadores devam executar as tarefas de maneira uniforme - seguindo uma sequência prescrita de operações e usando as mesmas ferramentas para concluir cada atividade (Pinto, 2008). A principal função da padronização do trabalho é garantir que um método de trabalho seja organizado de maneira segura e eficiente. Independentemente de qual operador esteja executando o trabalho, o tempo necessário, a sequência de operações e o nível de qualidade do produto final devem permanecer constantes (Abdullah, 2003).

Ao padronizar a forma como o trabalho é conduzido, essa ferramenta é eficaz na redução da variação do processo (Ortiz, 2006). Para implementar a padronização do trabalho, é necessário realizar estudos iniciais para determinar o método mais adequado para realizar a sequência de operações necessárias para fabricar um produto específico (Hines et al., 2010).

Após a fase de planejamento, é imperativo proceder à documentação dos modos de operação. Isso garante que todos os operadores estejam equipados com as informações essenciais para realizar as operações da maneira mais adequada, usando práticas otimizadas. Esses documentos devem incluir uma sequência de tarefas, uma lista de materiais necessários e uma definição de tempo padrão.

A sequência de tarefas deve fornecer uma divisão detalhada e sequencial de todas as atividades que devem ser realizadas em cada estação de trabalho. Além disso, os documentos devem fazer referência às ferramentas necessárias para cada atividade de configuração. O tempo padrão para cada operação representa o tempo necessário para completar cada tarefa nas condições dadas (Barreiro, 2010).

2.4.7 Single Minute Exchange of Die (SMED)

A duração do tempo de preparação da máquina é um elemento crucial na determinação da competitividade de uma empresa. Isso porque afeta diretamente a adaptabilidade da empresa às oscilações do mercado. Quando o tempo necessário

para setup da máquina é significativo, as empresas tendem a aumentar as quantidades de seus lotes de produção para reduzir a frequência de trocas de máquinas e minimizar os períodos improdutivos (Shingo, 1985).

A coleção de processos que constituem o método de preparação da máquina é chamada de setup. O tempo necessário para preparação pode ser definido como o período entre a produção do último item aceitável em um lote e o início da fabricação do primeiro item aceitável do lote subsequente.

A redução dos tempos de setup das máquinas é possível através da implementação da metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED). O SMED foi introduzido pela primeira vez por Shigeo Shingo em 1985 e é voltado para otimizar o processo de configuração da máquina para menos de 10 minutos. A técnica SMED pode ser dividida em três etapas distintas.

Shigeo Shingo, em seu livro "A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint" (1989), propõe algumas técnicas para cumprir as etapas da metodologia SMED. O objetivo dessas técnicas é diminuir a duração do tempo de preparação da máquina.

O método SMED é comumente descrito como um processo de três etapas; no entanto, é essencial considerar primeiro a fase preliminar. Esta fase envolve a análise do processo de configuração atual e sua divisão em atividades individuais. Uma vez identificadas essas atividades, é necessário determinar o tempo necessário para cada uma delas.

Com a fase preliminar concluída, as próximas etapas do método SMED podem ser implementadas para reduzir o tempo de configuração. Para diferenciar entre operações internas e externas, é necessário fazer uma distinção clara. Isso envolve isolar as ações e processos que ocorrem dentro de uma organização daqueles que ocorrem fora dela.

A primeira fase do processo de configuração envolve a divisão das operações em duas categorias: operações internas que são executadas quando a máquina está parada e operações externas que são executadas enquanto a máquina está funcionando.

Para conseguir isso, é essencial primeiro examinar o procedimento de preparação da máquina e, em seguida, identificar e categorizar todas as operações envolvidas como internas ou externas de acordo com Shingo (1985). As técnicas que podem ser empregadas durante este estágio incluem o uso de listas de verificação,

exame das condições operacionais e aprimoramento dos métodos de transporte.

As listas de verificação são úteis para identificar todos os elementos relevantes para a operação. O exame das condições operacionais garante que os elementos necessários estejam operacionais e disponíveis. Otimizar o movimento de materiais e ferramentas necessárias é o objetivo de melhorar o transporte.

Transformar operações internas em operações externas é o foco desta etapa. O objetivo é mudar a ênfase dos procedimentos internos para os processos externos. Isso é obtido pela reconfiguração dos métodos usados para conduzir os negócios para serem mais centrados no cliente. Ao colocar o cliente na vanguarda de todas as operações, as empresas podem criar um ambiente mais propício à satisfação e retenção do cliente.

Durante esta fase, prevê-se que ocorra um exame minucioso das operações internas e externas. Quaisquer operações internas que não exijam o desligamento da máquina serão reclassificadas como operações externas. Para agilizar as técnicas, recomenda-se preparar previamente as condições operacionais, padronizar funções e empregar recursos auxiliares.

As operações antecipatórias consistem em organizar os recursos necessários antes do setup enquanto a máquina ainda está em operação. A padronização das funções garante que as atividades necessárias durante uma mudança de produto sejam reduzidas ao mínimo. Os recursos auxiliares permitem que operações que antes só eram possíveis na máquina sejam realizadas fora dela.

A terceira etapa envolve a racionalização das operações internas e externas. Isso abrange uma revisão e análise completas de todos os processos e procedimentos internos, bem como o exame das operações externas e seu impacto na organização. Pretende-se agilizar estas operações, tornando-as mais eficientes e eficazes, de forma a potenciar o desempenho global da organização.

A execução desta etapa envolve a organização das operações que foram identificadas como internas ou externas a um determinado sistema. Para isso, deve-se realizar uma avaliação criteriosa de todas as operações que compõem o sistema e tomar as ações necessárias para a melhoria contínua.

A racionalização das operações externas pode ser alcançada através da otimização do armazenamento de materiais e ferramentas, bem como dos métodos de transporte. A racionalização das operações internas, por outro lado, pode ser alcançada por meio da implementação de operações paralelas, soluções rápidas,

eliminação de ajustes finais e mecanização.

Em situações em que várias tarefas podem ser executadas em diferentes locais de uma máquina, operações paralelas podem ser empregadas, permitindo que vários indivíduos realizem as operações necessárias para a preparação da máquina e reduzindo o tempo de deslocamento durante as operações internas. Além disso, a duração do desligamento da máquina é reduzida ao realizar várias tarefas simultaneamente, com diferentes indivíduos realizando cada tarefa.

Ao substituir os parafusos por mecanismos manuais de aperto rápido, dois resultados distintos são alcançados. Em primeiro lugar, reduz-se o tempo de aperto dos parafusos e, em segundo lugar, elimina-se a necessidade de ferramentas. Por exemplo, um parafuso que requer 15 voltas deve ser apertado 14 vezes antes de executar a volta final. Portanto, pode-se concluir que a última volta aperta o parafuso, a primeira o afrouxa e as 13 voltas restantes são redundantes (Shingo, 1989).

Os ajustes são ações necessárias quando o posicionamento inicial ou configuração de um parâmetro não foi bem-sucedido. Os ajustes constituem entre 50 a 70% do tempo total necessário para preparar o interior da máquina.

Segundo Shingo (1989), uma redução significativa no tempo total necessário para preparar as máquinas pode ser alcançada eliminando os ajustes. A mecanização envolve a otimização da movimentação de equipamentos volumosos com métodos eficientes e recursos adequados para minimizar o tempo necessário para essas ações.

2.4.8 Sistema pull

Um sistema puxado é um mecanismo de controle da atividade de produção no qual a demanda do cliente gera sucessivas ordens de produção ao longo da sequência de produção de um determinado produto. Quando uma determinada quantidade de produto é retirada do armazém, uma ordem de produção com a quantidade correspondente do item específico é iniciada para o processo ou posto de trabalho a montante.

Esta, ao receber a ordem de produção, inicia outra ordem de produção para o posto anterior e produz a quantidade necessária para repor o material retirado inicialmente, e assim sucessivamente, ao longo de toda a cadeia produtiva do produto em questão. Falta de (Bonney et al., 1999). Portanto, a quantidade de produção de um determinado trabalho depende da demanda do próximo trabalho, conforme

observado na figura 7.

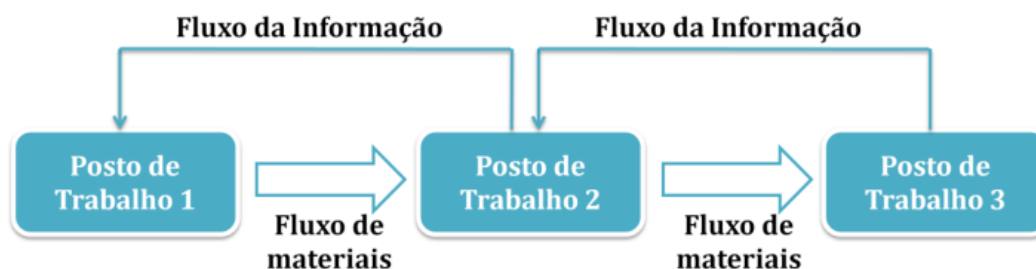


Figura 7 - Modo de funcionamento de um sistema PULL
Fonte: Pinto, 2008

Um sistema push é o oposto de um sistema pull. Isso porque o planejamento da produção é feito por meio de previsões de demanda e, com base nisso, uma ordem de produção é iniciada logo no início do processo produtivo e os itens produzidos são empurrados de uma estação de trabalho para outra ao longo da cadeia. e outros, 1999). Tais sistemas são geralmente caracterizados por altos níveis de estoque de produtos intermediários e acabados e, portanto, longos prazos de entrega.

3 Estudo do trabalho

A realização da pesquisa pode ser dividida em duas etapas, pesquisa metodológica e medição do trabalho (Costa et al., 2003). A primeira tem a ver com a definição do método de trabalho mais harmonioso para um determinado trabalho.

Por este motivo, pode ser necessário simplificar e melhorar os métodos de trabalho de forma a determinar simultaneamente os métodos de trabalho mais económicos para a empresa e os métodos de trabalho mais seguros e adequados para os trabalhadores.

O objetivo principal da segunda técnica é calcular o tempo necessário para realizar uma atividade ou conjunto de atividades.

3.1 Estudo dos métodos

O principal objetivo da pesquisa metodológica é melhorar os processos e métodos utilizados para executar as atividades inerentes ao posto de trabalho, minimizar a quantidade de trabalho necessária para executar uma tarefa específica e, portanto, deve otimizar o uso dos recursos disponíveis e fornecer aos trabalhadores

uma adequada condições de trabalho (Meyers et al., 2002).

Para realizar um estudo metodológico, primeiro é necessário entender todo o processo e identificar todas as variáveis que o afetam. A sequência dos processos e respectivas escalas de tempo podem ser identificadas graficamente, e as ações realizadas pelos trabalhadores podem ser identificadas através de diagramas (Costa et al., 2003).

3.1.1 Medida do trabalho

A medição do trabalho é uma técnica que visa definir o tempo padrão (TP) para que um operador qualificado execute uma determinada tarefa em um nível constante de desempenho. O TP é útil para determinar os requisitos de recursos (como mão de obra e equipamentos), estimar custos de produção, comparar diferentes métodos e trabalhos, determinar orçamentos e determinar sistemas de incentivos salariais (Meyers et al., 2002). Uma das técnicas de medição de trabalho mais comumente usadas é o estudo de tempo. O estudo do timing ou timing é uma técnica de observação direta e intensiva adequada para tarefas manuais ou semiautomáticas com períodos curtos e repetitivos (Costa et al., 2003).

Os estudos de tempo são realizados usando um cronômetro, uma técnica de observação direta e intensiva projetada para registrar todos os dados do processo. Para realizar um estudo de tempo, primeiro é necessário preparar uma tabela de observação com todos os campos necessários para extrair todas as informações essenciais do processo. Geralmente, essas folhas de observação contêm dados sobre quem fez a observação, onde a observação foi feita, quais tarefas ou atividades foram observadas e os tempos correspondentes registrados durante a observação.

Como as pessoas trabalham de maneira diferente, ou seja, algumas realizam operações com mais frequência do que outras, é necessário classificar o desempenho da execução de cada tarefa para que o tempo observado possa ser convertido em um tempo normalizado e comparações entre diferentes operadores possam ser feitas.

Várias escalas de classificação de desempenho estão disponíveis, embora uma escala de 0 a 100 seja comumente usada. A escala 0-100 é de longe a mais utilizada por ser de fácil compreensão e interpretação, onde o valor 0 representa atividade ineficaz e o valor 100 corresponde ao ritmo normal de trabalho de um trabalhador qualificado e motivado, ou seja, o valor será classificar a atividade ou ritmo de referência.

Se um valor de 100 corresponder a um tempo de referência, torna-se simples atribuir um valor de desempenho a cada atividade usando uma escala de avaliação de 0 a 100. Isso ocorre porque se o agente de estudo de tempo descobrir que o trabalhador observado não está realizando o que ele considera um desempenho normal, ele atribuirá a esse trabalhador um valor inferior de 100, como 90 ou qualquer outro valor que você considere justo. Se o agente meteorológico acreditar que o desempenho no trabalho observado do trabalhador é superior à sua noção de renda normal, ele atribuirá um valor superior a 100 (Costa et al., 2003).

Outra forma de classificar o desempenho de cada tarefa de trabalho é com base no Trabalho Padrão, que tem valor 60. Este método de expressar os coeficientes de atividade foi desenvolvido com base na quantidade de trabalho que é realizado em uma unidade de tempo, que por conveniência é 1 minuto. Assim, por exemplo, um valor de 60 representa o número de minutos realizados em uma hora de trabalho, o que seria normal considerando que há 60 minutos em uma hora (Costa et al., 2003).

O fator de atividade atribuído será inferior a 60 se o rendimento do trabalhador for inferior ao rendimento normal e superior a 60 minutos por hora de trabalho se o rendimento do operador em questão for superior ao rendimento normal declarado.

Depois de determinar o tempo de observação da unidade de cada tarefa e classificar o respectivo desempenho de cada trabalho, é necessário converter o tempo de observação de diferentes rendimentos no mesmo valor de rendimento para comparabilidade e, a seguir, calcular o tempo padrão.

3.1.2 Análise crítica

Conforme já mencionado na revisão da literatura, as ferramentas de manufatura enxuta visam eliminar os desperdícios encontrados nos sistemas de produção. Para identificar os desperdícios, é necessário definir os tipos de desperdícios que podem ser encontrados em uma organização. Taiichi Ohno (1988) identificou o desperdício e definiu sete tipos de desperdício, a saber: defeitos, excesso de estoque, superprodução, espera, superprocessamento, movimentação e transporte.

Após a identificação do resíduo pelo Sr. Ohno, surgiram outros autores que justificaram a existência do resíduo adicional. Ortiz em *Kaizen Assembly: Designing, Building, and Managing Lean Assembly Lines* (Ortiz, 2006) e Liker em *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturers* (Liker,

2004) desperdiçar a criatividade e o potencial do operador.

Decisões de não desenvolver o potencial dos trabalhadores ou de colocá-los em locais onde eles se sintam desconfortáveis e propensos a cometer erros podem levar a desperdícios que comprometem a qualidade do produto e a produtividade do sistema produtivo. Se um operador entender o conceito de desperdício, ele pode facilmente identificar e propor soluções destinadas a eliminar o desperdício.

Em *Lean Thinking: Eliminating Waste and Creating Wealth in the Firm* (Womack et al., 1996), os autores argumentam que um dos sete desperdícios identificados pela filosofia de manufatura enxuta que não foi comprovado é a falha do design em satisfazer os produtos dos clientes. em demanda. Quando um cliente requer um produto com características específicas, ele contrata uma empresa para desenvolver o item desejado.

Se uma empresa desenvolve um produto que não atende às necessidades de seus clientes, ela não pode cumprir as funções exigidas pelos clientes e, portanto, não contribui para a satisfação do cliente. Usar recursos para desenvolver este produto acaba sendo um desperdício para a empresa, pois este produto não contribuirá para a lucratividade aumentando assim os custos.

3.2 Método SMED

A metodologia SMED é uma das ferramentas mais comumente usadas na filosofia de manufatura enxuta para conduzir a melhoria contínua nos sistemas de produção. Fundamentalmente, seu objetivo é reduzir o tempo necessário para realizar a configuração. Embora a grande maioria dos autores que estudam esse método reconheçam as melhorias que resultam da implementação do método SMED, alguns mencionam e citam aspectos conflitantes do método, ou mesmo sua falha em considerar aspectos relevantes da atividade devido à configuração e manipulação. afetando assim o processo de produção.

McIntosh et al. (2000) e Neumann et al. (2004) afirmam que o método não deve ser aplicado estritamente em uma sequência definida, mas deve ser permitida flexibilidade na implementação das diversas etapas do método SMED para que seja aplicável e adaptável a diferentes realidades industriais. Como explicação, sugerimos a pesquisa-ação realizada pelos autores Gilmore et al. (1996).

Neste trabalho, uma ênfase especial é colocada em distinguir as operações de configurações internas e externas e as etapas de transformação das operações

internas em externas, em vez de aplicar o método SMED de acordo com a ordem definida por Shingo (1985). Por exemplo, técnicas para viabilizar operações paralelas e mecanização são aplicadas no início da análise, ou seja, nas etapas 1 e 2, embora segundo Shingo (1985) essas técnicas devam ser aplicadas apenas na etapa 3 da análise.

Resultados derivados da análise SMED realizada por Gilmore et al. (1996) os resultados são satisfatórios e proporcionam um sistema de produção flexível, possibilidade de fabricar uma maior variedade de produtos, prazos de entrega mais curtos e tamanhos de lotes de produção reduzidos.

Shingo (1985) explicou que dividiu a aplicação do método SMED em 3 etapas para facilitar o entendimento do método. Mas se olharmos para esta distinção de forma mais prática, podemos concluir que o passo 2 é um corolário do passo 1, pois quando as operações internas são identificadas nas externas, sua separação e a transformação das operações internas em fatores externos são consequências imediatas (Sugai, 2007).

Monden (1984) acreditava que a distinção entre definir operações como internas ou externas e a subsequente transformação de operações internas em operações externas é a base mais importante para a aplicação do método SMED. Assim como Monden (1984), outros autores também atribuem essa importância aos passos 1 e 2 do método SMED, assim, na maioria dos estudos realizados sobre aplicações SMED, como ferramenta para reduzir o tempo de setup, citam apenas os passos 1 e 2 do método descrito. O estudo de caso de Costa et al. (2004), é um exemplo dessa situação, onde foi realizada uma análise SMED, onde foram utilizados apenas os passos 1 e 2 do método.

Os autores Shingo (1985) e Hall (1983) estimam que a aplicação dos passos 1 e 2 do método SMED pode reduzir o tempo de setup em aproximadamente 30% a 50%. Além disso, Hall (1983) afirmou que após a execução das etapas 1 e 2, as melhorias só podem ser alcançadas modificando a máquina e eliminando ajustes, técnicas que se enquadram na etapa 3 do método.

McIntosh et al. (2000) argumentam que as melhorias desenvolvidas na etapa 3 podem ter um impacto mais relevante na redução do tempo de setup do que as melhorias implementadas nas etapas anteriores. Esses autores também mencionaram que algumas técnicas da etapa 3 do método SMED, ou seja, aquelas voltadas para a melhoria de equipamentos e dispositivos, devem ser implementadas

antes das etapas 1 e 2.

Esta variação deve-se inerentemente ao fato de que equipamentos e ferramentas podem não ser adequados para o processo e levar a ineficiências. No estudo de caso citado por Pereira (2008), os autores afirmam que as ferramentas de manufatura enxuta têm um impacto maior nas questões operacionais da abordagem SMED e como elas são construídas e interagidas do que a implementação em termos de redução do tempo de setup. O próprio método SMED.

A sustentabilidade do plano de duração pode ser questionada se os gestores não estiverem suficientemente engajados e proativos, ou não forem constantemente encaminhados para os resultados proporcionados pelo plano de implantação do SMED.

3.3 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Os fundadores da Michelin estabeleceram uma ampla linha de produtos e serviços para atender às necessidades de transporte de pessoas e mercadorias. Hoje, em um mundo que busca constantes avanços sustentáveis, a Michelin se concentra em inovações para moldar o futuro da mobilidade rodoviária, priorizando a eficiência energética e a sustentabilidade.

A Michelin é uma empresa de renome global, atuando em diversos setores, incluindo marketing, produção, pesquisa e desenvolvimento, e compras. Destaca-se como líder na indústria de pneus e é reconhecida por sua excelência na fabricação de pneus, serviços e experiências imersivas. Com mais de 130 anos de história, a Michelin sempre demonstrou seu compromisso com a inovação.

Localizada em Manaus, a fábrica da Michelin ocupa uma área impressionante de 252 mil metros quadrados e emprega cerca de 1.100 colaboradores diretos. A fábrica é especializada na produção de uma variedade de pneus utilizados em diversos tipos de veículos, desde automóveis e caminhões até tratores e aeronaves.

A empresa valoriza seus princípios e promove um ambiente de trabalho estável, mantendo taxas de rotatividade extremamente baixas. Os funcionários desfrutam de remuneração acima da média do mercado brasileiro e passam por treinamentos extensivos para atender às necessidades específicas da Michelin.

O processo de fabricação de pneus na Michelin envolve várias etapas simultâneas, desde a produção de mantas de borracha até a vulcanização do pneu final. A empresa mantém um alto nível de controle sobre a confidencialidade de seu

processo de fabricação.

A estrutura organizacional da Michelin consiste em várias unidades que produzem componentes individuais do pneu, cada uma com seu gerente e departamentos coordenados por chefes de departamento. A empresa promove um ambiente de trabalho favorável e busca capacitar sua força de trabalho por meio de treinamento extensivo.

A empresa adota políticas de recursos humanos que valorizam a permanência dos funcionários e oferece bônus com base na qualidade do trabalho e presença regular. A Michelin está constantemente explorando abordagens organizacionais inovadoras, como o modelo "Responsible Organizations", para melhorar a tomada de decisões dos funcionários.

Após um período de avaliação, a empresa optou por reestruturar a produção em grupos autogeridos, com o objetivo de promover uma participação mais ativa e um ambiente de trabalho positivo.

A Michelin demonstra um compromisso contínuo com a inovação e a excelência, moldando assim o futuro da mobilidade e da indústria de pneus.



Figura 8 - Representação de quantitativos da empresa
Fonte: Michelin

Os valores organizacionais são tão importantes para as empresas quanto os valores éticos e morais para as pessoas, já que eles norteiam ações e condutas, podendo ser decisivos para atingir os objetivos do negócio. Embora os valores não afetem a lucratividade da empresa diretamente, eles são pilares para a formação da cultura organizacional. Isso sim tem influência nos processos e pode ter impactos negativos nos resultados e observa-se a seguir:



Figura 9 - : Valores da empresa
Fonte: Michelin

A indústria de fabricação de pneus em Manaus é composta por um conjunto de pequenas fábricas que realizam coletivamente o processo produtivo. Essas unidades estão situadas em prédios separados e estão estrategicamente localizadas próximas umas das outras com base no estágio específico do processo de fabricação em que se especializam. de uma empresa unificada. Isso se deve à cultura distinta moldada pelo estilo de gerenciamento e métodos de produção empregados por cada fábrica individual.

Atualmente, a fábrica opera em capacidade quase total, com exceção da divisão responsável pela fabricação de câmaras de ar. Esta divisão experimentou uma queda na produção devido a um declínio na demanda por pneus de câmara. O processo de produção é caracterizado por um nível relativamente baixo de avanço tecnológico, contando fortemente com o trabalho manual.

Todos os colaboradores possuem escolaridade mínima de ensino médio, e muitos se aprofundaram por meio de programas internos de treinamento. A Empresa possui certificações em gestão de qualidade (ISO TS 16949, ISO 9001) e gestão ambiental (ISO 14001), e está continuamente se esforçando para melhorar o desempenho adotando uma abordagem de gestão única.

3.4 Ambiente de trabalho

A fábrica de pneus Michelin no Amazonas, Brasil, oferece um ambiente de trabalho estável, com baixas taxas de rotatividade e uma permanência média dos funcionários de 10 anos. A empresa investe na capacitação de sua força de trabalho em todos os níveis hierárquicos, pois luta para encontrar trabalhadores com as competências necessárias. Os funcionários recém-contratados passam por um extenso período de treinamento com duração de até quatro meses, e há excesso de pessoal para compensar ausências de funcionários em treinamentos ou férias. A empresa retém alguns detalhes importantes para garantir a confidencialidade do seu processo de fabricação.

3.5 Processo produtivo

A produção de pneus envolve a fabricação simultânea de vários componentes, incluindo banda de rodagem, parede lateral, talão, lona da carroceria, lona estabilizadora e lona estanque. O processo começa com a preparação de um composto composto por diversos tipos de borracha natural, que é então extrudado e resfriado. As demais etapas envolvem o processo de extrusão de mantas de borracha, confecção de lonas, produção de cordões, construção e vulcanização. A etapa final envolve moldar o pneu em sua forma final, submetendo-o a uma temperatura, pressão e duração específicas enquanto é monitorado.

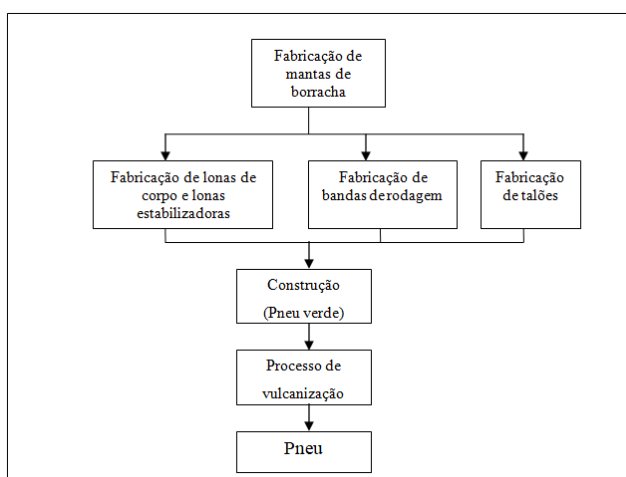


Figura 10 - Etapas do processo produtivo de pneu
Fonte:elaborado pelo autor

O processo de fabricação de pneus da Michelin é parte contínuo e parte discreto. Por exemplo, a indústria que produz mantas de borracha é uma mistura de

indústrias químicas e metal-mecânicas. A parte que produz a câmara de gás é semelhante a um processo mecânico de metal. A tecnologia do processo industrial é antiga e o próprio processo de produção é manual, embora o controle da produção seja totalmente automatizado.

3.6 Modelo organizacional

A empresa é formada por um grupo de pequenas unidades que produzem os diferentes componentes do pneu, sendo que cada unidade é dividida em departamentos. Cada unidade tem um gerente e cada departamento é coordenado por um chefe de departamento.

3.7 Organização fabril

A Michelin tem presença global com linhas de produtos que supervisionam estratégias e diretrizes para cada setor com base em sua localização geográfica. O Serviço do Grupo Michelin oferece assistência às unidades operacionais através de uma gama de serviços locais de administração, suporte e infraestrutura. O Group Service estabelece diretrizes anuais para todos os departamentos da empresa, incluindo treinamento. Cada sector tem monitores dedicados que auxiliam o chefe do sector em diversas funções, incluindo a supervisão da formação dos trabalhadores, a avaliação das suas necessidades de formação, o estabelecimento de um calendário de formação e a prestação de formação no local de trabalho aos empregados recém-contratados durante um período de aproximadamente três meses.

3.8. Políticas de RH: encarecimento, avaliações, reconhecimento e indicadores de desempenho.

Os critérios de promoção e remuneração da Michelin baseiam-se no tempo de permanência dos colaboradores, sendo atribuído um bônus mensal em função da qualidade do produto final e da frequência das faltas. A empresa foi recentemente encorajada a explorar abordagens organizacionais inovadoras, tais como os modelos de “Organizações Responsáveis” e “Profissionais de Produção”. Há duas décadas, a Empresa criou Grupos de Progresso, mas estes tiveram vida curta devido à sua incapacidade de promover um ambiente de equipa coeso. A atuação do diretor fabril foi fundamental para que a Companhia implementasse mudanças em sua estrutura organizacional.

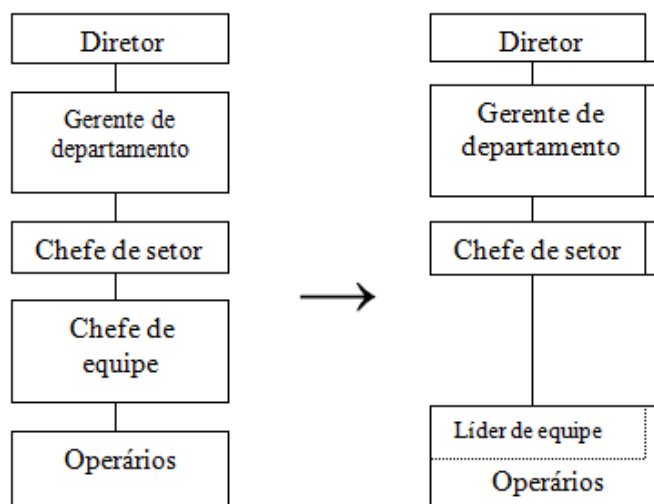


Figura 11 - Estrutura organizacional antes e após a redução hierárquica
Fonte: elaborado pela autor

Um grupo de gestores foi formado para deliberar sobre as próximas mudanças na organização. O objectivo era estabelecer um quadro social que incentivasse a participação activa e desse aos indivíduos uma maior voz nos processos de tomada de decisão. Após um lento progresso na implementação de mudanças através de um modelo específico, a equipe decidiu reestruturar a produção em grupos autogeridos. O objetivo final é ter todo o processo produtivo organizado dentro destes grupos até ao final de 2003.

3.9 PRODUTOS E SERVIÇOS: Sustentável por essência

O compromisso da Michelin com a sustentabilidade impulsiona o desenvolvimento dos seus produtos B2B, resultando em poupanças de custos para os clientes e redução do desperdício de pneus no ambiente. Seus produtos priorizam a eficiência e a sustentabilidade ambiental, com alguns lançamentos permitindo redução de 4% no consumo de combustível. A Michelin também promove a sustentabilidade entre os seus concessionários através de iniciativas como o Ponto de Venda Sustentável e o programa CBT Mobilidade Sustentável. O conceito Total Life, que envolve a utilização de um pneu novo seguido de duas recauchutagens, demonstra o seu empenho em proporcionar segurança a cada quilómetro percorrido.

3.9.1 ALGUNS TIPOS DE PNEUS

PNEUS ULTRAFLEX Uso agrícola O pneu Ultraflex pode ajudar a “alimentar o mundo”, segundo estudo da universidade inglesa Harper Adams. Esse pneu garante aumento de produtividade de 4% e permite uma maior área de contato do pneu no solo, facilitando o tracionamento da máquina e a redução de consumo de combustível e de emissão de CO_2 .



Figura 12 - pneus ultraflex
fonte: michelin

PNEU MICHELIN 295 X MULTI ENERGY: Menor resistência ao rolamento; Redução de consumo de combustível; Redução de emissão de CO_2 :



Fonte Michelin
Figura 13 - Pneu michelin 295 x multi energy



Fonte Michelin
Figura 14 - XDR4 EXTRA LOAD: Pneu de mineração

O Grupo Michelin pretende alcançar um crescimento anual consistente de vendas de 5% entre 2023 e 2030, com particular ênfase no aumento das vendas em setores não-pneus em 20% a 30%. A estratégia Everything Sustainable da empresa visa manter a sustentabilidade no sucesso financeiro e expandir suas operações comerciais para contribuir para o desenvolvimento de um mundo mais próspero. O plano Michelin in Motion, parte da estratégia All Sustainable, visa alcançar a neutralidade de carbono e a utilização de materiais 100% sustentáveis na produção até 2050. A Michelin está na vanguarda dos avanços transformadores na tecnologia e inovação dos pneus.

3.9.2 Projetos tecnológicos e de inovação

O Movin'On, um ecossistema que promove a mobilidade sustentável, registou um crescimento e uma aceleração contínuos durante a pandemia de Covid-19. Cerca de 250 organizações públicas e privadas participam anualmente na Cimeira Movin'On, discutindo as tendências de mobilidade globais prevaletentes. Em 2021, a Michelin South America facilitou a presença de mais de 300 jornalistas no evento. Ao longo de quatro dias, cerca de 80 oradores aprofundaram as diversas facetas dos avanços tecnológicos e dos projetos de inovação, centrados em cinco debates principais que moldam o desenvolvimento tecnológico. Dois avanços inovadores foram revelados para acelerar o progresso no transporte sustentável: Wing Sail Mobility (WISAMO) e um pneu de automobilismo de alto desempenho fabricado com 46% de materiais sustentáveis.

3.9.3 PERFORMANCE FINANCEIRA

O Grupo Michelin planeia alcançar um aumento anual de vendas de cerca de 5% entre 2023 e 2030, com foco no crescimento do seu negócio não-pneus em 20% a 30%. Priorizam iniciativas de sustentabilidade como parte integrante da sua estratégia de negócio, estabelecendo objetivos bem definidos e metas alcançáveis partilhadas com colaboradores, fornecedores, clientes e comunidade. Apesar da pandemia de Covid-19, os resultados financeiros da Michelin para 2021 confirmam o seu compromisso em construir um futuro alinhado com a sua visão.

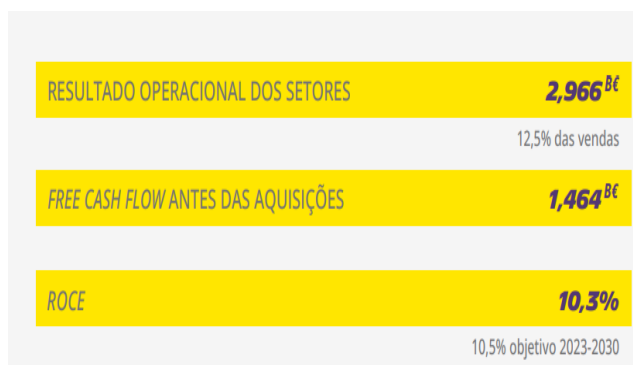


Figura 15 - Representação de resultados
Fonte: Michelin

3.9.4 LOGÍSTICA RESPONSÁVEL

A logística responsável da Michelin visa reduzir as emissões de CO₂ em 15% até 2030 através de uma gestão eficiente da entrega e transporte dos produtos. A empresa já implementou diversas medidas, como o aumento da utilização de camiões e a adoção de novos métodos de transporte, resultando numa redução de 18% nas emissões de CO₂ na última década. As operações logísticas da Michelin na América do Sul também deram passos importantes em direção à sustentabilidade, incluindo o sucesso na entrega de pneus trançados e a adoção da cabotagem em Manaus. A redução global das emissões equivale à eliminação diária de dois camiões da frota nos últimos dez anos.

3.9.5 PRINCÍPIOS DE COMPRAS

O documento Princípios de Compras da Michelin descreve os padrões éticos da empresa na interação com os fornecedores, promovendo transparência, critérios de qualidade e responsabilidade social corporativa. Todos os fornecedores contratados são obrigados a aderir a estas diretrizes para garantir que as compras realizadas tenham um impacto positivo na economia, no meio ambiente e na sociedade. A edição revisada está disponível para funcionários por meio da intranet e para fornecedores, clientes e comunidade on-line. A área de Compras tem como missão engajar os fornecedores para gerar valor e inovação alinhados à trajetória de crescimento da empresa.

3.9.6 ECONOMIA LOCAL MAIS FORTE

A Michelin se comprometeu a promover a biodiversidade nas comunidades,

fornecedores, clientes e indústrias em 2021. A empresa está trabalhando para melhorar a extração da borracha na região amazônica e apoiar as comunidades que praticam a extração da borracha como forma de preservar a floresta. A Michelin firmou parceria com o WWF-Brasil para gerar benefícios econômicos positivos para 3.800 famílias que serão beneficiadas direta ou indiretamente pelos esforços de conservação e manejo em uma área de 6,8 milhões de hectares em 14 Unidades de Conservação no estado do Amazonas. O objetivo principal é envolver os extrativistas na produção e comercialização de 700 toneladas de borracha, fortalecendo a economia local dos 15 municípios envolvidos no projeto.

3.9.7 BIODIVERSIDADE

A interligação entre biodiversidade, recursos naturais, progresso econômico e bem-estar social aumentou a importância dos negócios na sociedade. As empresas e instituições estão a tornar-se proativas na implementação de iniciativas que destacam a importância da biodiversidade. As Nações Unidas apresentaram um conjunto de compromissos globais conhecidos como Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que envolvem a colaboração da sociedade civil, governos e empresas. As instituições privadas têm um papel significativo a desempenhar na consecução destes objetivos.

3.9.8 ECONOMIA CIRCULAR

A estratégia 4R de redução, reutilização, reciclagem e renovação de recursos é implementada por uma empresa de pneus para estabelecer uma economia circular sustentável. A empresa utiliza recursos renováveis como borracha natural, isopreno, butadieno, óleos naturais, resinas e outras substâncias similares em seu processo de fabricação. Ao reparar, regenerar e recauchutar pneus, a empresa prolonga a sua vida útil e maximiza o seu desempenho. A empresa recolhe e recicla ativamente pneus usados, o que ajuda a reduzir o consumo global de 400 milhões de pneus por ano, o equivalente a 35 milhões de toneladas de emissões de CO₂. Um quarto das matérias-primas utilizadas provém de fontes renováveis.

3.9.9 MANAUS (MAN)

A Michelin implementou diversas iniciativas para reduzir a sua pegada de carbono e promover a sustentabilidade. Ao modificar válvulas e bombas, a empresa

aumentou a quantidade de condensado no interior das caldeiras, reduzindo o consumo de gás natural e resultando numa poupança anual de 9.360 m³ no consumo de água, numa correspondente poupança de 1.780 MWh PCI, e numa diminuição das emissões de CO₂ de 358 toneladas por ano. A Michelin está empenhada em promover a mobilidade sustentável e integrar a sustentabilidade no seu ciclo de produção. A empresa lançou diversas iniciativas para aumentar a eficiência energética e hídrica, como a sensibilização dos operadores, a minimização de desperdícios, a implementação de sistemas de reutilização de água e a adoção de soluções de iluminação mais eficientes.



Figura 16 - Empresa em Manaus
Fonte: michelin

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, fez-se necessária a realização de um levantamento bibliográfico acerca do SMED, sua origem, principais conceitos, aplicações práticas e críticas.

O estudo abordou a implementação da metodologia *SMED* em um processo de extrusão de borracha dentro de uma empresa com atuação no ramo de fabricação de pneus de bicicletas e de motocicletas. Foram avaliados os passos do *SMED* por meio de métodos quantitativos para processar os dados e entender a situação da máquina avaliada (Fonseca, 2002, p. 20).

Os estudos de Shingo (2002), Ohno (1997), Womack e Jones (2004), Sugai, McIntosh e Novask (2007), Chen e Meng (2010) foram amplamente utilizados nesta etapa da pesquisa. Uma vez coletadas as fontes bibliográficas, e analisadas quanto à aplicação prática do *SMED* em exemplos existentes na literatura, optou-se por utilizar o estudo de caso como metodologia para a análise do problema de pesquisa.

Yin (2015) ressalta que é um método que apresenta porque as decisões são

tomadas, como são implementadas e quais os resultados obtidos. Ainda segundo Gil (2002), foi possível classificar o presente estudo como de natureza descritiva, dado que o mesmo tem por finalidade descrever um fenômeno, utilizando da aplicação do SMED e, através dele, da aplicação de entrevistas e observação sistemática, para identificar possíveis relações entre os dados sobre desperdício e tempo de setup de uma empresa.

Miguel (2012) ressalta a importância de se descrever o processo de coleta de dados em pesquisas que adotam a abordagem do estudo de caso. O estudo foi conduzido em uma indústria de fabricação de pneus, no distrito industrial de Manaus.

Assim, buscou-se avaliar todas as operações fabril e foi possível verificar que o tempo de setup impacta no aumento da produtividade. Dessa forma, foi sugerida a condução da técnica de *SMED* para reduzir o tempo de setup na **máquina Extrusora Duplex**.

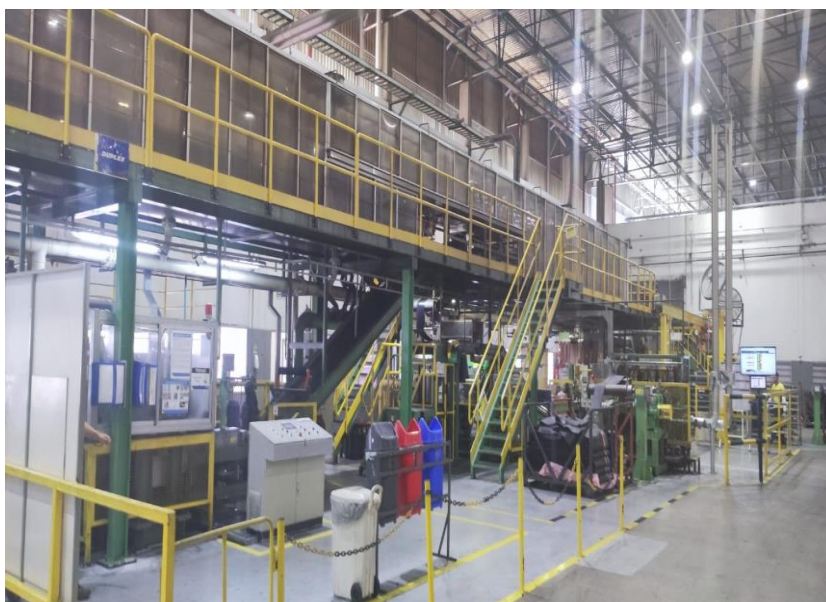


Figura 17 - Máquina Extrusora Duplex
Fonte: Fábrica de pneus em Manaus

A sequência de etapas respeitou o procedimento recomendado no referencial teórico proposto por Shingo (2000).

Por fim, para atingir seus objetivos, foram realizados procedimentos bibliográficos, estudos de levantamento e estudos de caso. Descreve-se o método a ser utilizado para a redução dos tempos de *changeover*. A pesquisa-ação abordou a implementação da metodologia *SMED* em um processo de extrusão de borracha dentro de uma empresa com atuação no ramo de fabricação de pneus de bicicletas e de motocicletas.

4.1 Etapas de implementação do SMED

Esta etapa descreve a formulação e os passos de implementação do SMED. Como parte do estudo de caso, essas etapas serão implementadas no processo de fabricação de pneus de *motocicleta*, mais especificamente no equipamento de *extrusão*. Como parte do *Lean*, a ferramenta SMED foi implementada de acordo com a figura abaixo.

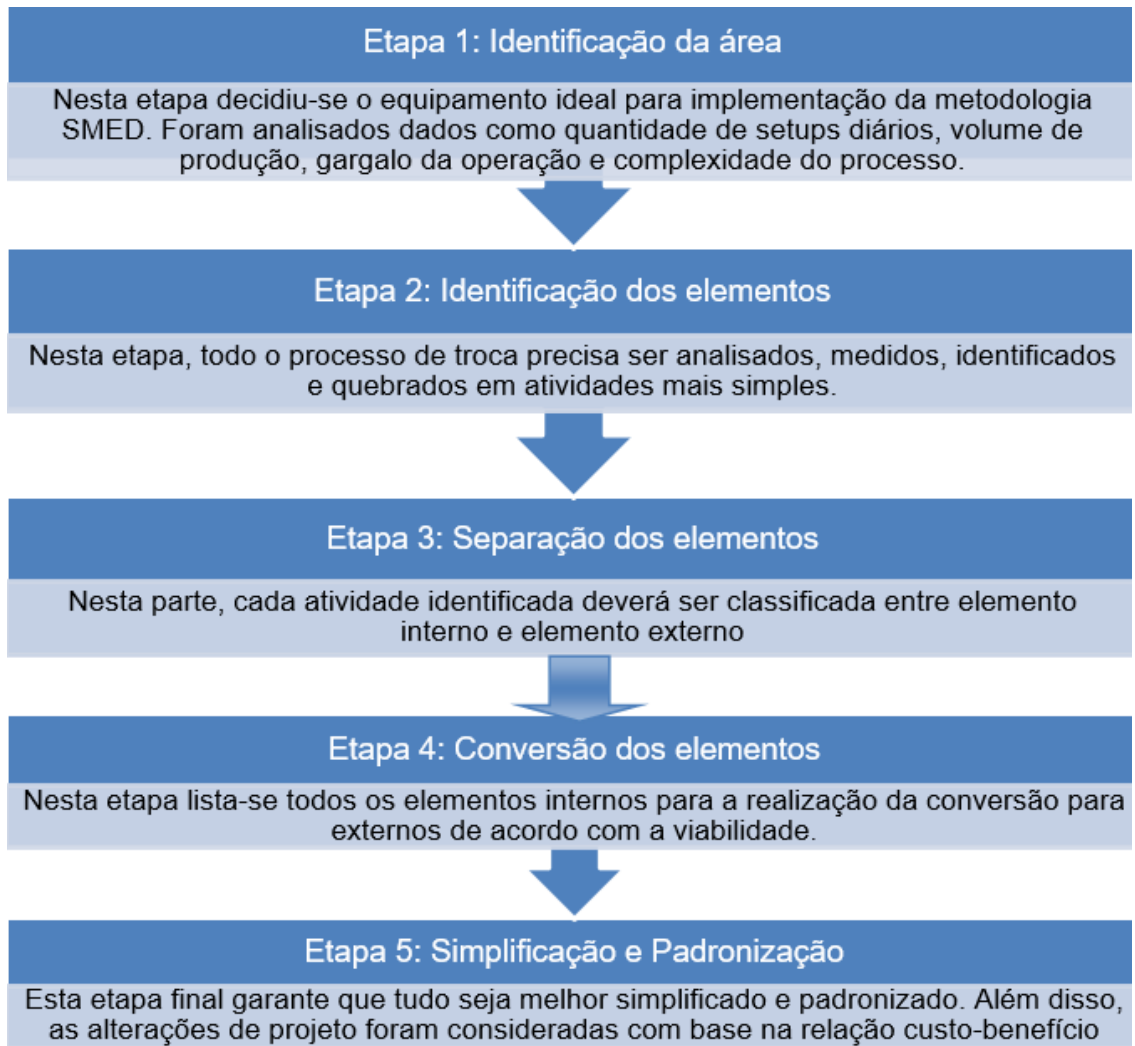


Figura 18 - Etapas do SMED
Fonte: Adaptada do modelo de Shingo

4.2 IMPLEMENTAÇÃO

O primeiro passo foi identificar o processo que requeria melhorias nas trocas de ferramentas. Isso envolveu a seleção do equipamento e estação de trabalho específica onde as trocas de ferramentas eram mais frequentes e demoradas

Para a implementação foram analisados os dados de 2 meses de produção, mostrando que o processo de *changeover* na extrusora era o gargalo da produção de pneus de moto. O processo de *changeover* na extrusora foi minuciosamente acompanhado e avaliado revelando que existiam várias atividades que não agregavam valor (atividades externas) acontecendo em paralelo com o processo de *changeover*. As ferramentas utilizadas para a redução no tempo de *setup* foram as seguintes: *SMED*, *5S*, *SOP*, *Poka-Yoke*.

4.3 TOMADA DE TEMPOS

Para realizar a tomada de tempos, os operadores e engenheiros observaram o processo atual de troca de ferramentas em detalhes. Eles registraram cada etapa do processo, o tempo gasto em cada etapa e qualquer problema ou desperdício identificado. Foram realizadas três medições de tempos em turnos diferentes e a tabela 1 mostra a média dos tempos levantadas. As atividades foram classificadas da seguinte forma: 1) Troca da lâmina, 2) Troca da Prefiler, 3)Purga, 4)Troca de composto, 5) Troca de insert e 6) Passagem de rodagem.

Atividade	Tempo (m)	Classificação Atividade
Troca de Lâmina	3,0	Interna
Troca de Prefilier	3,0	Interna
Purga	4,8	Interna
Troca de Composto	4,3	Interna
Troca de Insert	17,2	Interna
Passagem da Rodagem	8,8	Interna
Tempo Total	41,0	

Quadro 1 – Média dos tempos medidos

4.4

IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES GARGALOS

As atividades gargalos são tarefas ou processos em um sistema ou cadeia de produção que limitam a capacidade de produção ou desempenho do sistema como um todo. Elas são chamadas de gargalos porque, assim como um gargalo em uma garrafa restringe o fluxo de líquido, essas atividades ou processos impedem que o sistema funcione com eficiência máxima.

Identificar e resolver atividades gargalos é fundamental para melhorar a eficiência e a capacidade de produção de um sistema. Isso envolve a alocação de recursos adequados, otimização de processos e eliminação de obstáculos que estão impedindo o sistema de atingir seu potencial máximo.

De acordo com os tempos analisados foi possível identificar as atividades com maior tempo requerido. O gráfico 1 mostra o Pareto das atividades.

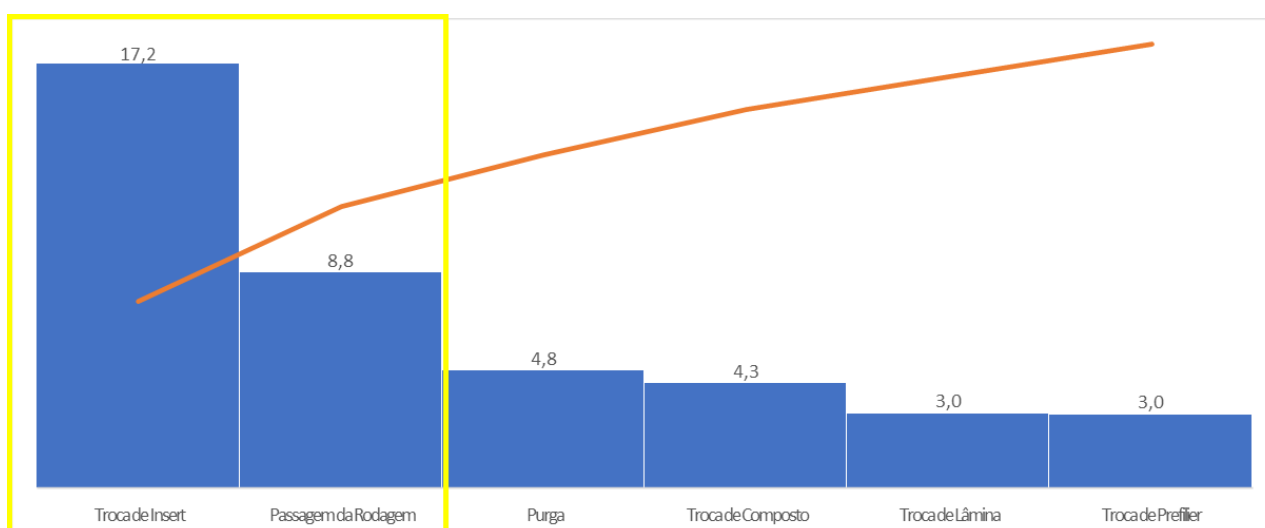


Gráfico 1 – Pareto das atividades de Setup

Para reduzir esses tempos de trocas foi realizada uma análise mais detalhada e as seis atividades precisaram ser quebradas em atividades menores. Quebrar uma atividade maior em atividades menores é uma abordagem eficaz para lidar com tarefas complexas e manter o foco e a produtividade.

4.5 MELHORIA NO PROCESSO DE TROCA DE INSERT

A tarefa principal (Troca de Insert) foi dividida em passos principais ou marcos que deveriam ser alcançados para completá-la com sucesso. Ela foi desmembrada

em 22 atividades menores conforme mostra a tabela 2. Essas atividades foram organizadas em subtarefas em uma sequência lógica, certificando-se de que uma subtarefa dependia do sucesso da anterior.

Atividade	Anterior		Após Melhorias	
	Tempo (s)	Classificação Atividade	Tempo (s)	Classificação Atividade
1 Baixar esteira rolo piano	11,3	Interna	11,3	Interna
2 Abrir cassete da extrusora	15,1	Interna	15,1	Interna
3 Encher cabeça da extrusão	79,1	Interna	0,0	Externa
4 Abrir cabeça de extrusão	25,2	Interna	25,2	Interna
5 Retira composto da extrusão e da disposição	54,6	Interna	0,0	Externa
6 Desparafusar o insert superior e inferior	42,5	Interna	9,1	Interna
7 Buscar talha	46,3	Interna	13,0	Interna
8 Fixa a talha no insert inferior	22,7	Interna	12,2	Interna
9 Movimenta insert inferior para o forno	41,6	Interna	0,0	Externa
10 Armazena insert no forno	35,3	Interna	0,0	Externa
11 Fixa a talha no novo insert (Inferior)	15,1	Interna	7,3	Interna
12 Movimenta novo insert inferior para a cabeça de extrusão	60,8	Interna	60,8	Interna
13 Fixa a talha no insert Superior	21,7	Interna	11,3	Interna
14 Movimenta insert Superior para o forno	48,8	Interna	16,1	Interna
15 Armazena insert no forno	20,6	Interna	0,0	Externa
16 Fixa a talha no novo insert (Superior)	20,6	Interna	8,9	Interna
17 Movimenta novo insert Superior para a cabeça de extrusão	61,9	Interna	61,9	Interna
18 Retorna talha para posição Inicial	33,8	Interna	0,0	Externa
19 Parafusar Inserts	35,1	Interna	13,5	Interna
20 Fechar cabeça de extrusão	41,0	Interna	41,0	Interna
21 Encher cabeça da extrusão e remover composto	269,7	Interna	105,4	Interna
22 Fechar o cassete	31,3	Interna	31,3	Interna
Tempo total	17,2		7,4	
Tempo Economizado = 9,8 min				

Quadro 3 – Atividades menores da Troca de Insert

Para a redução de 9,8 min no tempo de troca do insert foram realizadas as seguintes melhorias no processo:

- A conversão das seguintes atividades internas em atividades externas: Encher cabeça de extrusão; Retira composto da extrusão e dá disposição; Movimenta insert inferior para forno; Amazena insert no forno; Retorna a talha para posição inicial.
- A implementação de uma parafusadeira pneumática no posto de trabalho
- O Relayout do da talha de movimentação
- A fixação do ferramental através de uma base magnética
- Aumento da velocidade do parafuso de extrusão

4.6 MELHORIA NO PROCESSO DE PASSAGEM DE RODAGEM NA ESTEIRA

A atividade de Passagem de rodagem na esteira foi dividida em passos menores que deveriam ser alcançados para completá-la com sucesso. Para isto, a atividade foi desmembrada em 7 atividades menores, conforme mostra o quadro 4 abaixo.

Atividade	Anterior		Após Melhorias	
	Tempo (s)	Classificação Atividade	Tempo (s)	Classificação Atividade
Subir esteira	11,3	Interna	11,3	Interna
Apontamento de Setup	24,2	Interna	0,0	Externa
Passar rodagem e emendar na rodagem antiga	183,0	Interna	121,3	Interna
Passagem da rodagem na esteira	36,5	Interna	36,5	Interna
Acionar carimbador e tintas	24,7	Interna	6,3	Interna
Alinhar tintas na posição	60,6	Interna	7,8	Interna
Passagem da rodagem na esteira	184,8	Interna	105,7	Interna
Tempo total	8,8		4,8	
Tempo Economizado = 4 min				

Quadro 4 – Atividades menores da Troca de *Insert*

Para a redução de 4 min no tempo de passagem de rodagem na esteira foram realizadas as seguintes melhorias no processo:

- A conversão da de apontamento de setup de atividade interna para atividade externa
- A padronização da atividade de passa rodagem e emendar na rodagem antiga
- O acionamento automático dos carimbos e tintas
- A criação de uma instrução de trabalho para a passagem da rodagem na esteira

4.7 MELHORIA NAS OUTRAS ATIVIDADES E FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA IMPLEMENTAÇÃO DO SMED

O tempo total das atividades de troca de lâmina, troca de prefilier, purga e troca de composto somados eram de 15,1 minutos. Foram aplicadas metodologias de padronização dos postos, a implementação do 5S, o *relayout* do forno de ferramentas, a utilização da parafusadeira automática e a conversão de 8 atividades externas em atividades internas.

Depois das melhorias implementadas, a soma dessas atividades foi reduzida para 9,4 minutos.

A implementação bem-sucedida da metodologia SMED em processos industriais envolve diversos fatores críticos de sucesso. Autores como Jones e Womack (2004) destacam a necessidade de um compromisso efetivo da alta

administração, a criação de equipes multifuncionais, a capacitação dos colaboradores envolvidos e a monitorização contínua do progresso. A cultura organizacional também desempenha um papel vital na implementação do SMED, pois a aceitação de mudanças e a busca constante pela melhoria são fundamentais para o sucesso.

4.8 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Medir o impacto das mudanças é essencial para avaliar o sucesso da implementação do SMED. A pesquisa conduzida neste estudo de caso demonstrou que a redução no tempo de setup na extrusora teve um impacto significativo na produtividade.

No entanto, para uma avaliação mais abrangente, é importante considerar não apenas os aspectos quantitativos, como o tempo economizado, mas também os aspectos qualitativos, como a satisfação dos funcionários, a eficiência operacional e a qualidade do produto final. Essa avaliação abrangente pode fornecer insights valiosos para futuras implementações.

É importante reconhecer as limitações deste estudo. Embora a metodologia do SMED tenha demonstrado melhorias significativas no processo de extrusão de rodagens de pneus de motocicleta, é fundamental observar que os resultados podem variar dependendo do contexto e das peculiaridades de cada empresa.

Além disso, este estudo de caso foi conduzido em uma única empresa, o que limita a generalização dos resultados. Pesquisas futuras podem explorar a aplicação do SMED em diferentes setores e contextos.

4.9 DIREÇÕES FUTURAS DE PESQUISA

Este estudo destaca a importância da redução do tempo de setup na indústria, mas ainda existem áreas que merecem investigação adicional. Um campo promissor de pesquisa é a integração do SMED com tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT) e a automação, para otimizar ainda mais os processos de setup. Além disso, pesquisas futuras podem se concentrar na análise de custos associados à implementação do SMED e na elaboração de estratégias de mitigação de riscos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados alcançados com o estudo de caso levam a uma reflexão a respeito da influência do setup na capacidade produtiva, assim como a correlação das características do sistema produtivo e sua flexibilidade quanto ao setup. O desempenho e recuperação do sistema produtivo após a ocorrência do setup podem oscilar muito, e é possível realizar muitas pesquisas para aprofundar as causas destas variações.

Por tratar-se de perda de produtividade, torna-se um ponto de destaque nas pesquisas de Engenharia Industrial. O estudo de caso também ilustra um aspecto que a metodologia de Shingo não se aprofunda muito: o problema real de perda de capacidade. Embora a metodologia do SMED postule que basta eliminar ajustes para conseguir o “single-minute”, percebeu-se no caso apresentado, que apenas a aplicação do SMED não é garantia de produtividade, principalmente na perda de capacidade de produção antes e após a realização do setup.

Sugai et al. (2006) apresentam maiores análises sobre o período de aceleração, exibindo uma proposta de classificação desta fase levando em consideração os elementos característicos e elementos causadores. A análise destes autores iniciou-se com a avaliação e classificação das características possíveis do período de aceleração, conforme alguns elementos principais e influência na capacidade produtiva. Com o estudo de caso também foi possível discernir que maiores estudos relacionados à redução de tempo desetup podem ser realizados.

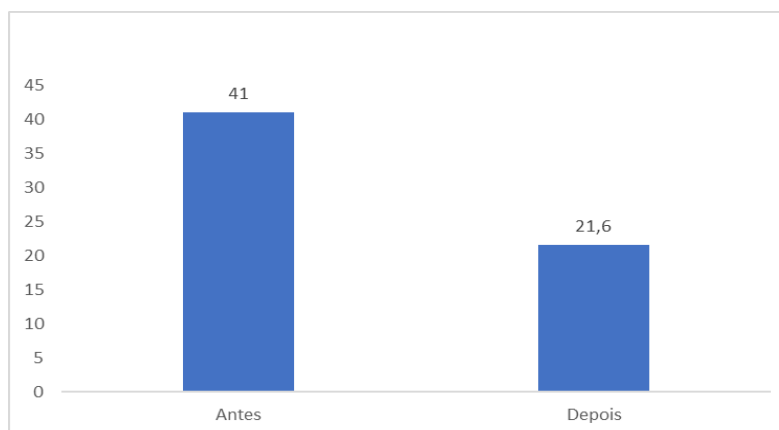
A compreensão dos pormenores do período de aceleração e desaceleração possibilita melhorias reais em produtividade. Maiores estudos em desempenhos diferenciados de sistemas produtivos, estudos de causas do período de aceleração e desaceleração e soluções para minimizar perdas de produtividade podem surgir a partir deste trabalho apresentado.

O resultado final dos tempos medidos após a implementação das melhorias no processo através da utilização da ferramenta *SMED* são mostrados no quadro a seguir:

Atividade	Antes do SMED		Após o SMED	
	Tempo (m)	Classificação Atividade	Tempo (m)	Classificação Atividade
Troca de Lâmina	3,0	Interna	2,1	Interna
Troca de Perfilier	3,0	Interna	2,4	Interna
Purga	4,8	Interna	2,2	Interna
Troca de Composto	4,3	Interna	2,7	Interna
Troca de Insert	17,2	Interna	7,4	Interna
Passagem da Rodagem	8,8	Interna	4,8	Interna
Tempo Total	41,0		21,6	
Tempo Economizado = 19,4 min				

Quadro 5 – Resultados dos tempos após SMED

Como resultado da utilização do *SMED* no processo de extrusão de rodagens de pneus de moto houve uma redução no tempo total de Setup de 41m para 21,6 minutos, gerando um redução de 47,3% na performance dos setups do equipamento. O quadro 6 abaixo mostra isso.



Quadro 6: Setup da extrusora após SMED

As potenciais melhorias em um ambiente de manufatura podem ser identificadas como “organizacionais” ou de “projeto”, conforme McIntosh et al. (2000). Por melhorias organizacionais entende-se o conjunto de práticas de manufatura originárias do Japão, que enfatizam o trabalho em equipe na busca contínua de redução de custos e melhoria gradativa na prática do trabalho. Estas práticas são comumente conhecidas como kaizen (Imai, 1994). Alguns autores fizeram uso de alguns aspectos do kaizen em aplicações de técnicas de redução de tempo de setup, e por envolver pessoas de diversas áreas, reforçaram a importância da formação de

times de trabalho (Lee, 1986; Hay, 1987).

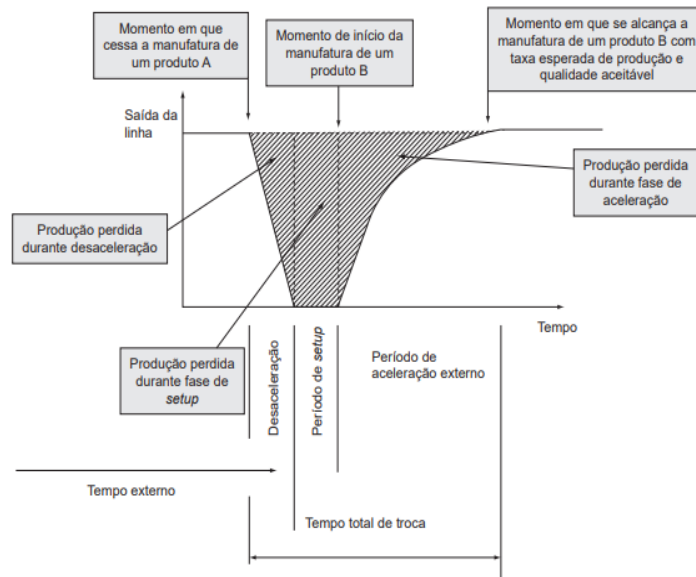


Figura 19 - Perdas de produção durante períodos de desaceleração e aceleração
Fonte: McINTOSH et al., 2005.

As melhorias em projeto de máquinas, equipamentos e dispositivos para melhorar a atividade de redução do tempo de setup, embora mais demorado e com custo maior, podem simplificar, acelerar ou eliminar as atividades de ajustes durante o setup. Estas melhorias são objetos de aprofundamento de estudo pela equipe Designand Manufacturing Group que gerou o conceito de “projeto para redução de setup” (design for changeover).

Os autores apontam dois benefícios de destaque com o design for changeover (cintosh et al., 2005); em primeiro lugar, a possibilidade de reduzir o impacto restritivo do período de aceleração na capacidade produtiva, e em segundo lugar, garantir maior estabilidade nos tempos de setup no longo prazo. Com relação ao SMED, McIntosh et al. (2000) comentam que a metodologia de Shingo busca, a priori, melhorias organizacionais definidas nos estágios 1 e 2, para depois realizar mudanças em projeto, possíveis no estágio 3.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do projeto discutido neste relatório trouxe contribuições significativas para a melhoria da organização da produção na máquina extrusora,

alinhando-se perfeitamente com nosso objetivo principal de reduzir o tempo de setup e, assim, ganhar capacidade e eliminar gargalos no processo. O sucesso desse esforço é indiscutível.

No início do projeto, conduzimos uma análise diagnóstica minuciosa usando ferramentas como Value Stream Map (VSM) e Waste Identification (WID). Essa análise identificou de forma precisa os desperdícios e problemas existentes, preparando o terreno para a implementação das técnicas de manufatura enxuta.

A linha de ação definida para abordar esses problemas incluiu a aplicação de diversas ferramentas de Lean Manufacturing, como a metodologia 5S, reorganização do layout, padronização de trabalho e SMED (Single Minute Exchange of Die). Cada uma dessas medidas foi crucial para otimizar o processo de produção.

Através do 5S, conseguimos organizar eficazmente áreas específicas, garantindo que todos os materiais e equipamentos essenciais estivessem prontamente disponíveis. A reestruturação do layout aumentou nossa capacidade de produção, eliminando gargalos.

Ao observar atentamente as atividades dos operadores durante a construção do cordão, desenvolvemos um método de trabalho mais eficiente. Identificamos tarefas específicas em cada setup e, sempre que possível, transformamos operações internas em operações externas. O SMED reduziu drasticamente o tempo necessário para preparar a máquina, enquanto a padronização minimizou a variabilidade do processo.

O estudo provou que a eliminação de atividades que não agregavam valor resultou em ganhos significativos de produtividade. Além disso, o SMED aumentou a eficiência dos equipamentos e a produtividade, permitindo-nos manter a flexibilidade na mudança de referências e tamanhos de lotes.

A implementação do SMED no processo de setup da extrusão produziu resultados notáveis, incluindo a redução do tempo de setup de 41 minutos para 21,6 minutos. Além disso, proporcionou melhorias ergonômicas para os operadores, aumentou a capacidade de produção e reduziu desperdícios.

Esses resultados destacam a eficácia do SMED em tornar a força de trabalho mais consciente do tempo e mais flexível para se adaptar às flutuações da demanda. Em termos de gestão, equilibramos os interesses do setor empresarial com os princípios da produção, focando na utilização de encomendas com preparações de máquinas semelhantes, o que resultou em prazos de entrega mais curtos e no

cumprimento consistente dos prazos para nossos clientes internos e externos.

Em resumo, nosso projeto alcançou plenamente os objetivos propostos, tornando nossa produção mais eficiente e preparada para atender à demanda crescente, enquanto eliminamos gargalos e desperdícios. Essa jornada de implementação do Lean Manufacturing e do SMED representa um marco importante na busca contínua por excelência operacional e satisfação do cliente.

7 REFERÊNCIAS

ALLAHVERDI, A.; GUPTA, J. N. D.; ALDOWAISAN, T. A review of scheduling involving setup considerations. *Omega*, v. 27, p. 219-239, 1999.

Alves, A. C. (2007). *Projecto dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto*. Tese de Doutorado em Engenharia e Produção de Sistemas. Escola de Engenharia. Universidade do Minho.

Abdullah, F. (2003). *Lean Manufacturing Tools and Techniques in the Process Industry with a focus on Steel*. School of Engineering. University of Pittsburgh.

BRAGLIA, Marcello; FROSOLINI, Marco; GALLO, Mose. Enhancing SMED: Changeover Out of Machine Evaluation Technique to implement the duplication strategy. *Production Planning & Control*, v. 7287, n. July, p. 1–15, 2016.

CAKMAKCI, Mehmet. Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 41, n. 1–2, p. 168– 179, 2009

Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing That Works: Powerfull Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. New York: AMACOM.

Costa, L. F., & Arezes, P. M. (2003). *Introdução ao Estudo do Trabalho*. Sebenta de apoio à disciplina de Ergonomia e Estudo do Trabalho I. Guimarães: Grupo de Engenharia Humana do Departamento de Produção e Sistemas. Universidade do Minho.

Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How To Use Them*. The CRC Press

FERRADÁS, Pablo Guzmán; SALONITIS, Konstantinos. Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells. *Procedia CIRP*, v. 7, p. 598–603, 2013

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas, 4.^a Edição. São Paulo, 2013

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas, 4.^a Edição. São Paulo, 2002

Green, J. C., Lee, J., & Kozman, T. A. (2010). Managing lean manufacturing in material handling operations. *International Journal of Production Research*, 2975- 2993.

Gungor, Z.E.; Evans, S. Understanding the hidden cost and identifying the root causes of changeover impacts. *J. Clean. Prod.* 2017

JOHNSON, P. (2021). Industry 4.0 and Setup Reduction: A New Era for Production Efficiency. *International Journal of Production Research*, 59(9), 2676-2689.

LIKER, J. *The Toyota Way*. New York: McGraw Hill, 2004. McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G. W. *Improving Changeover Performance*. Butterworth Heinemann: Oxford, 2001.

McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G. W.; REIK, M. Design for Changeover: enabling the design of highly flexible, highly responsible manufacturing process, *International Mass Customization Meeting (IMCM' 05) Concepts – tools – realization* Klagenfur Austria, 2005.

McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R. A critical evaluation of Shingo's 'SMED' methodology. *International Journal of Production Research*, v. 38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.

MIGUEL, P. A. C. (Org.). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e*

gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2ª ed, 2012.

MONDEN, Y. Produção sem estoques: um abordagem prática ao sistema de produção da Toyota. São Paulo: IMAM, 1984.

NEUMANN, C. S. R.; RIBEIRO, J. L. D. Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. Revista Produção. v. 14, n. 1, 2004.

NOVASKI, O. Introdução à engenharia de fabricação mecânica. São Paulo: E.Blucher, 1984

Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. New York: Productivity Press

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. Womack e Jones (2004)

Ortiz, C. A. (2006). Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line. New York: CRC Press.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2009.

SHINGO, S. (1985). A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge: Productivity Press.

SHINGO, Shigeo. Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SHINGO, S. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press. Cambridge, MA, 1985. _____. Non-stock production: the Shingo system for continuous improvement. Productivity Press, Cambridge, MA, 1988.

_____. O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas. Porto Alegre: Bookman Editora,

1996..

SMITH, A., BROWN, C., & DAVIS, E. (2022). Advanced Setup Reduction Techniques in Modern Production Systems. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 144(4), 040801.

SUGAI, Miguel; MCINTOSH, Richard Ian; NOVASKI, Olívio. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso: análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 323- 335, 2007

SUGAI, M.; NOVASKI, O.; MORAES, F. D. Proposta de um modelo para classificação da fase pós setup conforme características do período de aceleração – Pesquisa ação em uma empresa metal-mecânica. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, IX., Anais... SIMPOI 2006 - FGV-EAESP.

VAN GOUBERGEN, Dirk; VAN LANDEGHEM, Hendrik. Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 18, n. 3, p. 205–214, 2002.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Campus: Rio de Janeiro, 1998

WHITE, J., GREEN, S., & WILLIAMS, L. (2021). Sustainable Setup Reduction Strategies in Contemporary Production Systems. *Journal of Cleaner Production*, 303, 126967.

Yin, Robert K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2015.

