

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**JOÃO PEDRO FURRIER ROSA PACHECO**

**APLICAÇÃO DE FILOSOFIAS E PRÁTICAS DA MANUFATURA ENXUTA EM  
UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA DE GRANDE PORTE**

**LONDRINA**

**2022**

**JOÃO PEDRO FURRIER ROSA PACHECO**

**APLICAÇÃO DE FILOSOFIAS E PRÁTICAS DO MANUFATURA ENXUTA EM  
UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA DE GRANDE PORTE**

**Application of lean manufacturing philosophies and practices in a large  
metallurgical industry**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Haroldo Lhou Hasegawa.

**LONDRINA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**JOÃO PEDRO FURRIER ROSA PACHECO**

**APLICAÇÃO DE FILOSOFIAS E PRÁTICAS DO MANUFATURA ENXUTA EM  
UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA DE GRANDE PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 11 de novembro de 2022

---

Haroldo Lhou Hasegawa  
Doutorado em Engenharia de Materiais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina

---

Roger Nabeyama Michels  
Doutorado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina

---

Cláudia Santos Fiuza Lima  
Doutorado em Engenharia Mecânica  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina

**LONDRINA**

**2022**

Dedico este trabalho:  
A minha mãe, Marilza, meu pai, João, minha irmã, Ana, minha avó Maura  
e a minha noiva Caroline.

## **AGRADECIMENTOS**

De fato, insuficientes são as palavras para agradecer e poucos são os parágrafos para contemplar todos aqueles que, de alguma maneira me ajudaram a chegar até este momento. Mas, agradeço a todos que contribuíram para que fosse possível a conclusão desta jornada.

Em especial, agradeço à minha mãe, Marilza, minha irmã, Ana Luiza e a minha avó, Maura, por todo suporte fornecido, por toda palavra de carinho e por toda a paciência e compreensão ao longo dos anos de graduação.

Agradeço ao meu pai, João Carlos, por entender meus momentos de ausência e sempre me incentivar e acreditar em mim.

Agradeço a minha noiva Caroline por sempre, ao longo de todos esses anos, me apoiar, suportar e principalmente, compreender meus momentos distantes.

Agradeço a minha família e amigos, pelos momentos felizes e de descontração que aliviaram o peso da graduação.

Agradeço meus colegas de classe, que juntos, conseguimos trilhar e superar todos os obstáculos da faculdade. Apesar das dificuldades, estes momentos ficarão guardados com muito carinho.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Haroldo Lhou Hasegawa, pelo conhecimento e tempo dispensado para a elaboração deste trabalho.

Agradeço aos Mestres e Doutores do curso de Engenharia Mecânica da UTFPR – Londrina, que auxiliaram na construção do profissional que sou. Agradeço cada conselho recebido e cada direcionamento que me moldaram pessoal e profissionalmente.

Enfim, meu agradecimento fica para todos que cruzaram meu caminho e de uma maneira ou de outra, possibilitou a realização e conclusão deste trabalho.

*“Quality is Much better than quantity. One home run  
is much better than two doubles” – Steve Jobs.  
(JOBS, 2016).*

## RESUMO

A evolução tecnológica da humanidade sempre esteve relacionada a momentos de grandes pressões e crises, e em meados do século XX no Japão após a derrota na segunda grande guerra, nasceu um modelo de produção que visava competir com a manufatura americana e ainda reerguer a economia. O Sistema Toyota de Produção (STP) criado neste momento, serviria como base para a Manufatura Enxuta (ME) como conhecemos nos dias de hoje, onde o foco está na maximização da eficiência com conseqüente redução dos desperdícios. O presente estudo tem como objetivo implementar os conceitos da ME em uma empresa metalúrgica de grande porte localizada no norte do estado do Paraná visando o aumento da eficiência. E este trabalho surge da forte demanda da empresa em se manter competitiva em um mercado cada vez mais competitivo onde as margens de lucro estão pressionadas, em grande parte, devido à escassez de recursos e redução do mercado consumidor. Para implementação, o trabalho se divide em duas frentes: a Troca Rápida de Ferramenta (TRF) e a Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* - TPM). Para a TRF o trabalho caracteriza as etapas do *setup* e as separa em interno e externo, utilizando-se de um colaborador para realizar todas as etapas externas. Para o TPM o trabalho determina as ferramentas com maior criticidade e maior impacto na eficiência do setor, e ainda implementa ações de manutenção autônoma para os colaboradores das prensas. No início do trabalho, a eficiência média geral do setor encontrava-se em 41,88% e após as implementações alcançou-se uma nova eficiência de 72,76% e ainda se notou uma redução de 32,22% dos desperdícios referentes aos *setups* da Estamparia. Após a análise dos dados obtidos com o sistema MES e o banco de dados gerados pelos ferramenteiros, é gerado uma lista de quatro ferramentas críticas, sendo os estampos com maior impacto na eficiência do setor. Dessa forma, é gerado um plano de manutenções preventivas para elas afim de evitar que as máquinas fiquem paradas aguardando uma manutenção corretiva. Por fim, observa-se que com a adoção das filosofias da ME o setor apresentou um aumento de 73,73% em sua eficiência associado com um maior senso de responsabilidade dos colaboradores para melhorar este número.

Palavras-chave: eficiência; manutenção produtiva total; troca rápida de ferramenta.

## ABSTRACT

The technological evolution of humanity has always been related to moments of great pressure and crises, and in the mid-twentieth century in Japan after the defeat in the second world war, a production model was born that aimed to compete with American manufacturing and still rebuild the economy. The Toyota Production System (TPS) created at this time would serve as the basis for Lean Manufacturing (LM) as we know it today, where the focus is on maximizing efficiency with consequent reduction of waste. The present study aims to implement the concepts of ME in a large metallurgical company located in the north of the state of Paraná in order to increase efficiency. And this work arises from the company's strong demand to remain competitive in an increasingly competitive market where profit margins are under pressure, largely due to scarcity of resources and reduction of the consumer market. For implementation, the work is divided into two fronts: Single Minute Exchange of Die (SMED) and Total Productive Maintenance (TPM). For SMED, the work characterizes the setup steps and separates them into internal and external, using a collaborator to perform all external steps. For TPM, the work determines the tools with the greatest criticality and greatest impact on the sector's efficiency, and also implements autonomous maintenance actions for press employees. At the beginning of the work, the general average efficiency of the sector was 41.88% and after the implementations, a new efficiency of 72.76% was achieved and a 32.22% reduction in waste related to setups was also noted of the Stamping sector. After analyzing the data obtained with the MES system and the database generated by the toolmakers, a list of four critical tools is generated, being the stamps with the greatest impact on the efficiency of the sector. In this way, a preventive maintenance plan is generated for them in order to prevent the machines from being stopped waiting for corrective maintenance. Finally, it is observed that with the adoption of LM philosophies, the sector showed an increase of 73.73% in its efficiency associated with a greater sense of responsibility of employees to improve this number.

Keywords: efficiency; total productive maintenance; single minute exchange of die.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação esquemática do período de <i>setup</i> .....	27
Figura 2 – A Troca Rápida de Ferramenta (TRF): estágios conceituais.....	29
Figura 3 – Desenvolvimento e evolução das técnicas de manutenção.....	39
Figura 4 – Cálculo do OEE.....	42
Figura 5 – Os oito pilares do TPM.....	43
Figura 6 – Fluxograma do estudo.....	48
Figura 7 – Coletor do MES.....	51
Figura 8 – OEE acumulado de dezembro para Estamparia.....	53
Figura 9 – Luvas descartadas junto com produtos acabados.....	54
Figura 10 – Caixas desorganizadas e misturadas.....	54
Figura 11 – Chaves não padronizadas.....	55
Figura 12 – Porcas não padronizadas.....	55
Figura 13 – Monitor de 50 polegadas contendo indicadores da produção.....	59
Figura 14 – Peças aguardando retrabalho.....	63
Figura 15 – Conjunto parafuso padronizado de 30cm.....	64
Figura 16 – Chave estrela com manípulo alongado de 70cm.....	65
Figura 17 – Carrinho hidráulico novo.....	66
Figura 18 – Tempo de máquina parada antes e depois do preparador.....	68
Figura 19 – Manutenções totais no período.....	70
Figura 20 – Manutenções corretivas e preventivas.....	71
Figura 21 – Quantidade de manutenções por ferramenta.....	72
Figura 22 – Diagrama de Pareto das ferramentas.....	73
Figura 23 – Abril: Ferramenta x Horas x Ocorrência.....	74
Figura 24 – Maio: Ferramenta x Horas x Ocorrência.....	75
Figura 25 – Junho: Ferramenta x Horas x Ocorrência.....	76
Figura 26 – Acumulado: Ferramenta x Horas x Ocorrência.....	77
Figura 27 – OEE acumulado de junho para a Estamparia.....	80

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estágios conceituais da TRF e técnicas correspondentes.....	29
Quadro 2 – Principais práticas e características que definem a ME. ....	35
Quadro 3 – Comparativo entre modelos de organização industrial. ....	36
Quadro 4 – Motivos de paradas no setor da estamperia .....	50
Quadro 5 – Pontos de melhorias segundo operadores. ....	56
Quadro 6 – <i>Check list</i> manutenção autônoma.....	61
Quadro 7 – Lista de ferramentas críticas. ....	78

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Parâmetros iniciais da TRF .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabela 2 – Primeiro estágio conceitual da TRF. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 3 – Construção do Diagrama de Pareto – Apontamentos. ....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 4 – Construção do Diagrama de Pareto – MES. ....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LE	Lean Manufacturing
ME	Manufatura Enxuta
STP	Sistema Toyota de Produção
TPM	Total Productive Maintenance
TRF	Troca Rápida de Ferramenta
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MES	Manufacturing Execution System
JIT	Just in Time
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
SMED	Single Minute Exchange of Die
OEE	Overall Equipment Effectiveness

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo</b> .....	<b>16</b>
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos .....	16
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Modelos de Organização Industrial</b> .....	<b>18</b>
2.1.1	Taylorismo .....	18
2.1.2	Fordismo .....	21
2.1.3	Just in Time (JIT).....	24
<u>2.1.3.1</u>	<u>Troca Rápida de Ferramenta (TRF)</u> .....	<u>26</u>
2.1.4	Manufatura Enxuta (ME) .....	30
<b>2.2</b>	<b>Manutenção Produtiva Total (TPM)</b> .....	<b>37</b>
2.2.1	Melhoria Específica .....	43
2.2.2	Manutenção Autônoma .....	43
2.2.3	Manutenção Planejada .....	44
2.2.4	Treinamento e Educação .....	44
2.2.5	Controle Inicial.....	45
2.2.6	Manutenção da Qualidade .....	45
2.2.7	Administração.....	45
2.2.8	Segurança, Saúde e Meio Ambiente .....	46
2.2.9	Foco do trabalho dentro do TPM .....	46
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>46</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da Empresa</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>Justificativa para o Estudo de Caso</b> .....	<b>48</b>
3.2.1	<i>Manufacturing Execution System (MES)</i> .....	49
3.2.2	Identificação do Setor Crítico .....	52
3.2.3	Identificação das Perdas e Pontos de Melhoria .....	53
3.2.4	Aplicação da Metodologia da TRF.....	57
3.2.5	Aplicação da Metodologia do TPM .....	59
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>62</b>
<b>4.1</b>	<b>Melhorias no Ambiente de Trabalho</b> .....	<b>62</b>

<b>4.2</b>	<b>Resultados obtidos com a TRF .....</b>	<b>65</b>
<b>4.3</b>	<b>Resultados obtidos com o TPM .....</b>	<b>69</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise do OEE.....</b>	<b>79</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>82</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade diversas crises assolaram o desenvolvimento da sociedade, sejam elas: econômicas, sociais ou sanitárias. Por outro lado, estas as crises supracitadas também foram molas propulsoras para desenvolvimentos tecnológicos, uma vez que períodos turbulentos faz com que os diversos tipos de recursos sejam escassos ou inexistentes forçando as buscas por alternativas.

Diante de um desses cenários, após sair derrotado da Segunda Guerra Mundial em 1945, nasceu no Japão um sistema de produção para competir, principalmente, com as indústrias automobilísticas americanas e reerguer a economia do país. Este sistema de produção que visava aplicar novas metodologias de gerenciamento de produção atrelado à maquinários mais eficientes e filosofias diferenciadas de trabalho, para que fosse possível produzir mais com menos recursos, a *Toyota Motor Company* desenvolveu o Sistema Toyota de Produção (STP) que mais tarde seria a base para o *Lean Manufacturing (LM)*.

O surgimento da filosofia *Lean Manufacturing (LM)* conhecido também como Manufatura Enxuta (ME) se deu em 1990, com a publicação do livro “A máquina que mudou o mundo” de Womack e Jones (1990). Analisando o Sistema Toyota de Produção, os autores buscam esclarecer a maneira a qual as indústrias japonesas performavam com alta eficiência, unindo produtividade com alta qualidade, resultando em uma enorme vantagem competitiva e lucrativa para as empresas japonesas.

Apesar do surgimento na indústria automobilística, o ME possui diversas características que podem e devem ser aplicadas em indústrias dos mais diversos ramos que visam o aumento de eficiência e produtividade. E atualmente é sabido que em momentos de crises, o modelo ganha mais força uma vez que as margens operacionais se tornam reduzidas e a competitividade entre empresas aumenta.

Inúmeros pilares, ou filosofias, sustentam a ME como se conhece hoje, e uma das filosofias que possuem grande importância é a Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*). Segundo Nakajima *et. al.* (1989) uma aplicação adequada do TPM visa aumentar a confiabilidade dos equipamentos, eliminar as quebras e conseqüentemente melhorar o índice de disponibilidade das máquinas, assegurando assim um fluxo contínuo do processo produtivo. Ainda segundo o autor

é possível garantir uma melhor qualidade dos produtos a partir do gerenciamento integrado entre homem e máquina, para a melhoria da produtividade resultando em um aumento da lucratividade da empresa.

Alinhado com o pensamento da ME, encontra-se a Troca Rápida de Ferramenta (TRF), e esta pode ser descrita segundo Shingo (2000) como sendo uma metodologia para redução de tempos de *setup* e aumento do tempo disponível do equipamento. Geralmente, a aplicação desta metodologia exige baixo investimento por parte da empresa, assim é possível aumentar as margens operacionais com redução dos desperdícios do processo.

Dessa forma, o presente trabalho busca aplicar os conceitos da ME em uma indústria metalúrgica visando um aumento de eficiência no setor de Estamparia da empresa, através de uma estratégia que atrela uma maior disponibilidade dos estampas com um sistema de troca rápida de ferramenta reduzindo os desperdícios no momento do *setup*.

## **1.1 Objetivo**

Este capítulo tem o propósito de organizar e apresentar os objetivos do presente estudo de maneira geral e específica, para isso será separado em duas seções: objetivo geral e objetivos específicos.

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral do presente trabalho é implementar os conceitos e a filosofia da manufatura enxuta em uma empresa metalúrgica de grande porte localizada no norte do estado do Paraná visando o aumento de eficiência e redução dos desperdícios.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Os Objetivos Específicos são:

- Criar um banco de dados para análise dos componentes críticos;



- Treinar os colaboradores para realização de manutenção autônoma das máquinas;
- Definir uma estratégia para manutenção preventiva em componentes críticos de maior incidência;
- Aplicar conceitos de troca rápida de ferramentas (TRF) no setor da Estamparia;
- Analisar os dados através de um sistema MES (*Manufacturing Execution System*) para avaliar o setor antes e depois das implementações propostas, afim de validar o aumento de disponibilidade e eficiência.
- Alcançar uma eficiência média mensal no setor de 55%.

## 1.2 Justificativa

Diante da crise impulsionada em boa parte pela pandemia do COVID-19, o Brasil, também como outros países do mundo, tem enfrentado grandes desafios relacionados a escassez de recursos e a diminuição do mercado consumidor. Tal condição acabou por ajudar o mundo a mergulhar em uma crise econômica. Assim as empresas buscaram maneiras de cortar gastos desnecessários, minimizar seus custos internos e melhorar a sua eficiência em busca de se manterem competitivas no mercado.

Em momentos como esse, pequenos detalhes fazem grande diferença para a sobrevivência do negócio, portanto, a aplicação de filosofias da ME passou a se tornar fundamental, visto que sua essência é a minimização de custos, redução de gastos desnecessários, e conseqüentemente um aumento de eficiência e lucratividade por parte da empresa.

Dessa forma, o presente trabalho desenvolvido se justifica pela forte necessidade da empresa em se manter competitiva no mercado, e o desenvolvimento e implementação da filosofia da ME, permitiu analisar seus pontos fracos e focos de melhoria, aumentando sua eficiência aliados a um baixo valor investido.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo apresenta uma revisão da literatura dos tópicos de relevância para o estudo. Uma revisão histórica e cronológica dos avanços tecnológicos que culminaram na manufatura enxuta dos dias atuais.

### 2.1 Modelos de Organização Industrial

Ao longo da história da manufatura, diversos saltos tecnológicos levaram a humanidade a um outro patamar, esses saltos podem ser classificados como Revoluções Industriais. Segundo Drath e Horch (2014), a primeira revolução aconteceu graças a utilização de máquinas a vapor e hidráulicas, ao invés do processo artesanal, aliado à força humana ou animal. Após cerca de 100 anos, a segunda revolução começou nos matadouros de Cincinnati e teve seu ápice com Henry Ford, essa revolução aumentou significativamente a produtividade com o início da utilização da energia elétrica, motores à combustão e linhas de produção. E a terceira revolução ocorreu em 1969, Modicon apresentou o primeiro PLC (*Programmable Logic Controller* ou Controlador Lógico Programável), dando início a terceira revolução industrial como consequência da utilização da informática, eletrônica e robótica (DRATH; HORCH, 2014).

As Revoluções Industriais mostram que o mundo foi se tornando cada vez mais conectado e isso aumentou consideravelmente a competitividade entre as empresas. Essas por sua vez, encararam desafios referentes aos custos, qualidade e produtividade dos seus negócios que forçaram a criação de metodologias mais eficientes. Pode-se citar as principais metodologias discutidas na literatura, cronologicamente, como sendo: Taylorismo, Fordismo, *Just in Time* (JIT) e Manufatura Enxuta (ME).

#### 2.1.1 Taylorismo

Durante a última parte da Revolução Industrial, próximo do final do século 19, Andrew Ure e Charles Babbage, dois principais economistas clássicos começaram a formular teorias para solucionar o problema da organização industrial nas manufaturas da época (BRAVERMAN, 1987).

Em seu livro *Sobre a Economia de Maquinaria e Manufaturas*, publicado em 1832, Babbage discute sobre um importante princípio para aumentar a produtividade do trabalho. Segundo o autor, em uma economia baseada na compra e venda da força de trabalho, a divisão das tarefas reduz o custo geral das partes individuais, e continua:

“Ora, conquanto todas essas sejam causas importantes, e cada uma tenha influência no resultado, contudo, parece-me que qualquer explicação do baixo custo dos artigos manufaturados como consequência da divisão do trabalho seria incompleta se o seguinte princípio fosse omitido: que o mestre manufatureiro, ao dividir o trabalho a ser executado em diferentes processos, cada qual exigindo diferentes graus de perícia ou força, pode comprar precisamente aquela exata quantidade de ambas que for necessária para cada processo; ao passo que, se todo trabalho fosse executado por um operário, aquela pessoa deve possuir suficiente perícia para executar o mais difícil trabalho, e força suficiente para executar o mais laborioso das operações nas quais o ofício é dividido.” (BRAVERMAN, 1987, p. 77).

O princípio proposto por Babbage se mostrou fundamental para a evolução da divisão do trabalho na sociedade, principalmente no aspecto social. Contudo, a completa formulação do conceito de gerência científica só foi iniciada meio século depois com um engenheiro americano chamado Frederick Winslow Taylor.

O movimento da gerência científica iniciada com Taylor no final do século 19, apoiava-se em um contexto de grande expansão das empresas, início das organizações monopolistas das empresas e pela grande necessidade de aplicar uma sistemática científica à produção, portanto o Taylorismo pertence à um conjunto de métodos que visam sistematizar e organizar o trabalho. Dessa forma, Taylor define a gerência científica como um empenho em aplicar métodos da ciência aos problemas complexos do cotidiano nas empresas capitalistas que buscam crescer de forma rápida (BRAVERMAN, 1987).

O Taylorismo representou uma nova forma de observar a manufatura, com conceitos inovadores no que se refere à tecnologia, disciplina e organização empresarial que refletem até os dias atuais. Para Taylor, a gerência deveria criar processos padronizados e regras para executar o trabalho da maneira mais eficiente, aproveitando o máximo o tempo disponível e essas informações seriam obtidas através da experimentação por parte da administração e não pelos operários.

Dentro deste contexto, o principal objetivo da gerência é garantir a máxima prosperidade da empresa e também de seus funcionários, e o aumento da produtividade, entretanto, Taylor notou que os trabalhadores da linha de produção

possuíam um conhecimento muito superior do processo em comparação a gerência, gerando resistências por parte dos funcionários em cumprir tarefas e ordens de seus superiores, o que foi evidenciado como um modo de evitar a exploração excessiva da mão de obra. Por outro lado, sabe-se que o gerenciamento das operações tem como função controlar os processos e elenca três principais causas que devem ser observadas (TAYLOR, 1987):

- 1) O erro universalmente disseminado entre os trabalhadores de que um maior rendimento do homem e da máquina irá acarretar em desemprego para grande parte dos operários;
- 2) O sistema defeituoso da administração que força os operários a fazer cera no trabalho para proteger seus interesses;
- 3) Métodos empíricos ineficientes empregados com os quais, geralmente, faz com que o operário acabe desperdiçando boa parte do tempo de trabalho.

Portanto, foi provado que a substituição dos métodos empíricos pelos científicos gera uma maior lucratividade para as empresas. E reforça a importância da gerência de calcular o tempo-movimento para execução do ciclo exato das operações considerando os instrumentos utilizados. Esse estudo deve buscar eliminar os movimentos falhos e lentos, visando afastar os movimentos desnecessários elevando a eficiência do ciclo (TAYLOR, 1987).

Então chega-se à conclusão de que a gerência deve selecionar cientificamente e recrutar os melhores trabalhadores para cada tipo de tarefa e fornecer um treinamento adequado de acordo com os dados obtidos anteriormente. Para o modelo proposto resistir, deve haver cooperação mútua entre a gerência e os trabalhadores, de forma que, a gerência deve planejar e verificar o trabalho executado pelo trabalhador e este deve seguir o planejamento (TAYLOR, 1987).

O conceito de gerência científica, por certo, não pode ser caracterizada como um elemento simples, mas sim, uma combinação de conceitos e filosofias que podem ser sintetizadas como sendo (TAYLOR, 1987):

- Método científico substituindo o empírico;
- Harmonia, em vez da discórdia;

- Cooperativismo, invés do individualismo;
- Máximo rendimento, em lugar da produção reduzida;
- Desenvolvimento do homem, buscando alcançar maior eficiência e prosperidade.

### 2.1.2 Fordismo

No início do século 20, Henry Ford propôs um método de organização do trabalho que iria além do chão de fábrica. A implementação de um novo sistema de produção não visava apenas uma nova maneira racional de gerenciar a produção, mas também um salto na estrutura socioeconômica da época. Em termos técnicos, o Fordismo visava aumentar a produtividade mantendo os trabalhadores em posições fixas e com o auxílio de uma esteira rolante fazia com que o trabalho chegasse até ele, evitando deslocamentos.

Assim como o Taylorismo buscava um controle sistemático do trabalho, o Fordismo fundamentava-se no controle do processo, de forma intensificada quando comparado com o trabalho iniciado anteriormente por Taylor. Visto que a implementação de uma esteira rolante intensificou e automatizou o processo de trabalho. Esta novidade técnica, alcançou o que Taylor tanto buscava, uma maneira de controlar o ritmo de trabalho de maneira automatizada e intensa. Apesar dessa condição ser ideal para a empresa, era extremamente desgastante para o trabalhador.

Entretanto, o Fordismo se difere no que tange à descentralização da produção e redução dos níveis hierárquicos para evitar o abuso de poder e a dificuldade de comunicação. O que seria essencial para a gerência científica de Taylor, na visão de Ford, deveria ser erradicado e em um dos seus livros, *Os Princípios da Prosperidade*, o autor cita:

“Não há, ao meu ver, disposição de espírito mais perigosa do que a dos chamados “gênios organizadores”. Eles se manifestam sempre com a arquitetura dum vasto esquema em forma de árvore genealógica, onde se traçam todas as ramificações da autoridade [...] quando um mestre quer comunicar-se com o diretor é necessário que sua mensagem passe pelo ajudante do contramestre, pelo contramestre, pelo chefe de seção e todos os inspetores até alcançar o inspetor-geral. É provável que quando chegue lá, o que o operário queria dizer já não seja mais necessário [...] eis a razão pela qual as fábricas Ford não possuem nem organização, nem atribuições específicas a cargos, nem ordem de sucessão ou hierarquia determinada.” (FORD, 1967, p. 77-78).

Com esses conceitos, o Fordismo deu início a uma produção em massa, produzindo peças intercambiáveis com o auxílio das esteiras, conseguindo reduzir o tempo de montagem e reduzir o custo dos produtos. Entretanto, para evitar o problema de alta rotatividade dos funcionários devido à exaustão do trabalho, Ford aplicava uma nova lógica de produção que consistia no pagamento de altos salários.

Por outro lado, Ribeiro (2015), a elevação dos salários além de ser uma maneira de aumentar a adesão do trabalhador, é uma estratégia para que ocorra um aumento do consumo por parte da classe trabalhadora. Este aumento do padrão de consumo era fundamental para o crescimento da indústria de massa e essa nova ética de consumo cria um novo estilo de vida cuja consequência, é uma série de bens que passam a ser desejados pela população americana, como por exemplo, casa e carro próprios.

Para a implementação da produção em massa, Ford buscou verticalizar totalmente a produção, fabricando internamente todos os componentes necessários. Isso surgiu da necessidade de fabricar peças com tolerâncias mais estreitas combinado com prazos de entrega mais rígidos, o que não era possível com os fornecedores. Entretanto, esta verticalização almejada por Ford trouxe consigo um aumento significativo da burocracia, conforme destaca Wood (1992).

Ainda para Wood (1992), apesar da crença da produção em massa estar vinculada à linha contínua, o conceito-chave para essa produção é a completa intercambialidade entre as partes do produto e principalmente a simplicidade na montagem. Antes da implementação da linha contínua, Ford conseguiu reduzir o ciclo de uma das tarefas de montagem de 514 minutos para 2 minutos, sendo que com a implementação de montagem padronizadas em esteiras esse número foi reduzido pela metade, ou seja, para um minuto.

Importante ressaltar que a intercambialidade, simplicidade e facilidade de montagem permitiu com que Ford dispensasse os ajustadores qualificados, que representavam grande parte da força de trabalho da montagem. A intercambialidade de Ford não se limitava às peças, ele também aperfeiçoou o operário intercambiável visto que com a especialização do trabalho o montador precisaria de apenas um curto treinamento para estar apto. Dessa forma, a empresa elimina os gastos com mão de obra especializada, proporcionando grande vantagem competitiva frente aos concorrentes (WOMACK; JONES, 1992).

Dessa forma, no Fordismo o trabalho desenvolvido pelos trabalhadores estava diretamente ligado às máquinas, portanto, está se torna o objeto do estudo de Ford. A racionalização do trabalho e estudo dos tempos estará, portanto, centrada nas máquinas e esteiras. Enquanto na metodologia proposta por Taylor, o objeto do estudo e o todo foco do trabalho está sob a atividade humana em si (MULLER, 1996).

Outro ponto importante do Fordismo, é a redução dos tempos de preparação das ferramentas, aumentando a disponibilidade das máquinas com conseqüente aumento de produtividade utilizando o mesmo número de máquinas com redução do custo de preparação. Este conceito, será discutido posteriormente neste trabalho, entretanto Shigeo e Shingo, um dos fundadores do Sistema Toyota de Produção (STP), aponta como essencial a troca rápida de ferramentas para a produção *Just in Time* (JIT) e para a operacionalização do STP (MULLER, 1996).

Segundo Neffa (1990), é possível elencar as principais características da produção em massa, e conseqüentemente, do Fordismo como sendo:

- Projeto do produto elaborado de forma minuciosa e bem estruturada com o objetivo de normalizar, utilizando peças uniformes e padronizadas para que sejam intercambiáveis;
- Melhoria contínua nesses projetos;
- Construção ou adaptação das máquinas para que sejam dedicadas;
- Integração progressiva da produção;
- Organização sequencial da produção e montagem, utilizando a esteira contínua e a gravidade para reduzir os movimentos e esforço do trabalhador;
- Cadenciar o ritmo de trabalho do operário ao movimento das máquinas e da esteira;
- Divisão e simplificação social, assim como a simplificação da técnica de trabalho, reduzindo mão de obra especializada;
- Modificação do modo de vida do trabalhador, de suas atitudes e comportamentos. Atuando sob o seu estilo de consumo e incentivando o consumo em massa;
- Aumento do salário do trabalhador, pagando por tempo de trabalho, facilitando o recrutamento da mão de obra, reduzindo a rotatividade.

Estratégias utilizadas para compensar as condições extenuantes de trabalho e evitar a ação sindical.

Por outro lado, como dito anteriormente, a produção em massa encontrava seu limite na excessiva complexidade burocrática oriunda da verticalização almejada por Ford. Em outras palavras, os maiores desafios do Fordismo estavam relacionados a problemas organizacionais e de administração.

### 2.1.3 Just in Time (JIT)

O *Just in Time* (JIT) marcou uma grande revolução na gerência industrial moderna, e este conceito é idealizado por empresas dos mais diversos seguimentos devido ao seu grande impacto nos resultados. Segundo Ohno (1997), o JIT aplicado em um fluxo produtivo, significa que as partes necessárias para a montagem alcançam a linha de montagem apenas quando são necessárias e apenas na quantidade necessária. Caso uma empresa implemente este fluxo integralmente, o estoque pode ser reduzido à zero.

Com a implementação do JIT, o foco da gerência estaria em otimizar os processos produtivos a fim de obter vantagem competitiva. Uma vez que o sistema permite a flexibilização da produção, redução dos custos do processo e de estoque, através da otimização dos recursos desde matéria prima até mão de obra.

Para Alves (1995), existem três ideias principais sobre as quais se desenvolve o sistema JIT: integração e otimização, melhoria contínua (*Kaizen*) e entender e responder às necessidades dos clientes.

Um processo integrado e otimizado de manufatura, busca avaliar de maneira ampla o produto, eliminando tudo o que não agrega valor e eliminando o desnecessário. Nesta etapa, o JIT busca eliminar, principalmente, processos como inspeção, retrabalho e estoque, visto que são operações da ineficiência da empresa.

Para a implementação de uma melhoria contínua, o JIT busca desenvolver internamente a cultura da melhoria constante dos processos e dos colaboradores. Esta visão deve ser clara, e amplamente difundida, para conseguir o comprometimento dos trabalhadores de quaisquer níveis. É necessário que exista uma base sólida de confiança, obtida através da honestidade e transparência das



ações. O desenvolvimento desta mentalidade é crucial para que a empresa consiga obter e manter sua vantagem competitiva.

Ainda para Alves (1995), entender e responder às necessidades dos clientes faz parte da responsabilidade da empresa em atender os requisitos de qualidade dos produtos, prazos de entrega e custo. O custo do cliente para o JIT, precisa ser analisado de maneira macro, como uma extensão do processo produtivo. É de responsabilidade da empresa reduzir o custo total do cliente, e esta, deve ser estendida para os fornecedores que precisam estar alinhados com o fundamento da empresa.

Para Lubben (1989), a implementação de um sistema JIT tem duas metas principais. A primeira, de curto prazo, é reduzir o custo total da manufatura e melhorar a produtividade. No longo prazo, espera desenvolver uma flexibilidade para reduzir o ciclo produtivo da empresa e permitir mais mudanças nos produtos em um dado período de tempo.

Ainda para Lubben (1989), na etapa de planejamento do JIT, a empresa deve realizar uma avaliação global no seu processo e avaliar os impactos que cada função gera no sistema e assim definir um correto plano de ação. Somente com a avaliação real do desempenho da empresa é possível desenvolver os fundamentos e definir a eficácia da implementação do JIT e a partir de qual processo iniciar.

Dessa forma, o principal objetivo do JIT é desenvolver um sistema que permita a empresa possuir apenas a matéria prima, maquinário e pessoas necessárias para cada operação. No trabalho de Alves (1995), é apontado que para que essa meta seja atingida, geralmente, a empresa precisa trabalhar em cima de seis principais objetivos básicos, sendo eles:

- 1) Integração e otimização de cada etapa do processo de manufatura;
- 2) Produção de produtos de qualidade;
- 3) Redução dos custos de produção;
- 4) Produção em função da demanda;
- 5) Desenvolvimento de uma produção flexível;
- 6) Manter os compromissos assumidos com os clientes e fornecedores.

Muitas empresas buscam alcançar esses objetivos, visto que são anseios comuns, entretanto, nem sempre elas são bem sucedidas. Muitas das vezes, faltam

os meios e conhecimentos necessários, e neste contexto, o JIT fornece as ferramentas gerenciais ideais para a administração da manufatura (ALVES, 1995).

Entretanto, Ohno percebeu que para que o fluxo de produção ocorra de forma sincronizada seria necessário aperfeiçoar a comunicação entre os processos. Dessa forma, implementou um meio de indicar claramente o que e o quanto deve ser produzido para o processo seguinte, chamado *Kanban* (quadro de sinalização). A ideia inspirada nos supermercados americanos, buscava visualizar o processo de maneira que a última etapa da montagem retire as quantidades necessárias do processo inicial e este, por sua vez, produz a quantidade retirada para reabastecer. Quando alinhado com o JIT, o *Kanban* auxilia a chegada das peças na quantidade que são realmente demandadas e no momento exato, evitando a necessidade de grande estoque e conseqüentemente o desperdício (OHNO, 1997).

Segundo Ohno (1997), no Sistema Toyota de Produção (STP), o *Kanban* tem um papel fundamental de impedir a superprodução e atingir o *Just in Time*. O *Kanban* deixa claro o que deve ser feito pela gerência e possibilita os operários a trabalharem por eles mesmos.

Em suma, o JIT é um dos pilares do STP que visa aumentar a lucratividade da empresa através da completa eliminação dos desperdícios. Aplicando este sistema, é possível modificar o processo produtivo através da solução das ineficiências, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

#### 2.1.3.1 Troca Rápida de Ferramenta (TRF)

Qualquer análise minuciosa acerca do Sistema Toyota de Produção, leva à conclusão de que um dos pilares centrais da eliminação das perdas é o sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF ou *Single Minute Exchange of Die – SMED*).

Em 1950, quando consultado pela Toyota, Shigeo Shingo, idealizador do sistema TRF, reparou que para que o STP fosse efetivo, com a produção sincronizada e os tamanhos dos lotes reduzidos seria necessário trocas rápidas nas prensas. Ao analisar a produção da Toyota verificou que as trocas de ferramentas em grandes processos levavam de duas a três horas, e dessa forma para manter a eficiência e economia, as trocas eram evitadas ao máximo (OHNO, 1997).

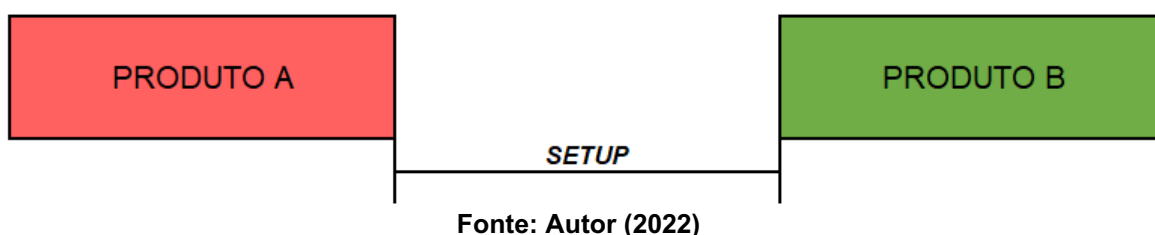
Neste contexto, a TRF pode ser considerada como uma metodologia que visa a redução dos tempos de *setup* (preparação de equipamentos) e que possibilita a

produção em pequenos lotes e redução dos estoques intermediários, os quais são considerados desperdícios do processo oriundos da superprodução. Além do mais, uma rápida troca das ferramentas possibilita uma maior flexibilidade na intercambialidade dos produtos a serem produzidos, permitindo uma rápida resposta à demanda e redução do *lead time*.

O *lead time* é essencial para composição do custo do processo e uma efetiva redução representa benefícios para a empresa e para os clientes, visto que este pode ser caracterizado como o tempo que o produto leva para percorrer todo o fluxo de valor, do começo ao fim. Em outras palavras, a redução do *lead time* representa a redução do desperdício do processo que leva a uma manufatura enxuta e mais produtiva.

Embora o termo *setup* seja bem definido e discutido na literatura, no cotidiano fabril, algumas empresas apresentam certa dificuldade no entendimento e aplicação deste termo. Visto que a mensuração deste tempo é de suma importância, Moura e Banzato (1996) definem o tempo de *setup* como sendo o tempo transcorrido para que todas as tarefas necessárias referentes à troca da ferramenta ocorram, desde o momento em que se tenha produzido a última peça em boa qualidade até o momento em que se consiga produzir a primeira peça suficientemente boa do lote posterior, tal condição pode ser observado na Figura 1.

**Figura 1 – Representação esquemática do período de *setup*.**



Em suma, a TRF tem como objetivo a redução e simplificação do *setup*, a partir da redução ou eliminação completa das perdas inerentes ao processo. A TRF é dividida em estratégias de implementação e durante o desenvolvimento Shingo a distinguiu em um estágio preliminar e três estágios conceituais (SHINGO, 1985).

O estágio preliminar oferece os parâmetros iniciais de tempos relacionados ao *setup*. Nesta etapa, ainda não é diferenciado as atividades de *setup* internos e externos que serão abordados na sequência. Segundo Shingo (1985), para obter os

dados é possível utilizar cronômetro, estudo do método, filmagens da operação ou entrevistas diretas com os operadores. Apesar dos métodos mais elaborados para tomada de informações, uma observação e discussão informal com os trabalhadores é suficiente.

O primeiro estágio conceitual refere-se à fase de organização das atividades, e segundo Shingo (1985), uma das etapas mais importantes da implementação da TRF, visto que aqui as atividades são classificadas e separadas em *setup* interno, aquelas as quais precisam ser realizadas com a máquina parada e *setup* externo, como sendo aquelas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Neste sentido, Shingo continua:

“Se fizermos um esforço científico para tratar o máximo possível das operações como *setup* externo, então o tempo de troca de ferramenta necessário no *setup* interno – realizado com a máquina parada – pode sofrer uma redução de 30% - 50%. Masterizando a distinção entre *setup* interno e externo é, portanto, o passaporte para alcançar o SMED.” (SHINGO, 1985, p. 29).

O segundo estágio conceitual busca converter parte do *setup* interno em externo, e reexaminar as operações para verificar caso alguma operação tenha sido alocada erroneamente como interna. Visto que, a redução mencionada anteriormente promovida pelo estágio 1, não fora completamente suficiente. Nesta etapa, é importante fazer um esforço e adotar novas perspectivas e se desligar dos antigos hábitos para converter ao máximo as operações para externas (SHINGO, 1985).

O terceiro estágio conceitual, por sua vez, visa uma melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo, podendo ser interpretado como uma melhoria contínua do TRF. Do inglês, temos que *single minute* representa que o método visa uma troca em dígito único (abaixo dos 10 minutos), e em muitos casos apenas a implementação dos estágios anteriores não é suficiente para alcançar este objetivo. Dessa forma, é importante a prática de uma melhoria contínua tanto nas operações de *setup* interno como externo. E para tal, Shingo (1996), estabelece algumas técnicas tanto para o *setup* interno como externo, que podem ser observadas no Quadro 1.

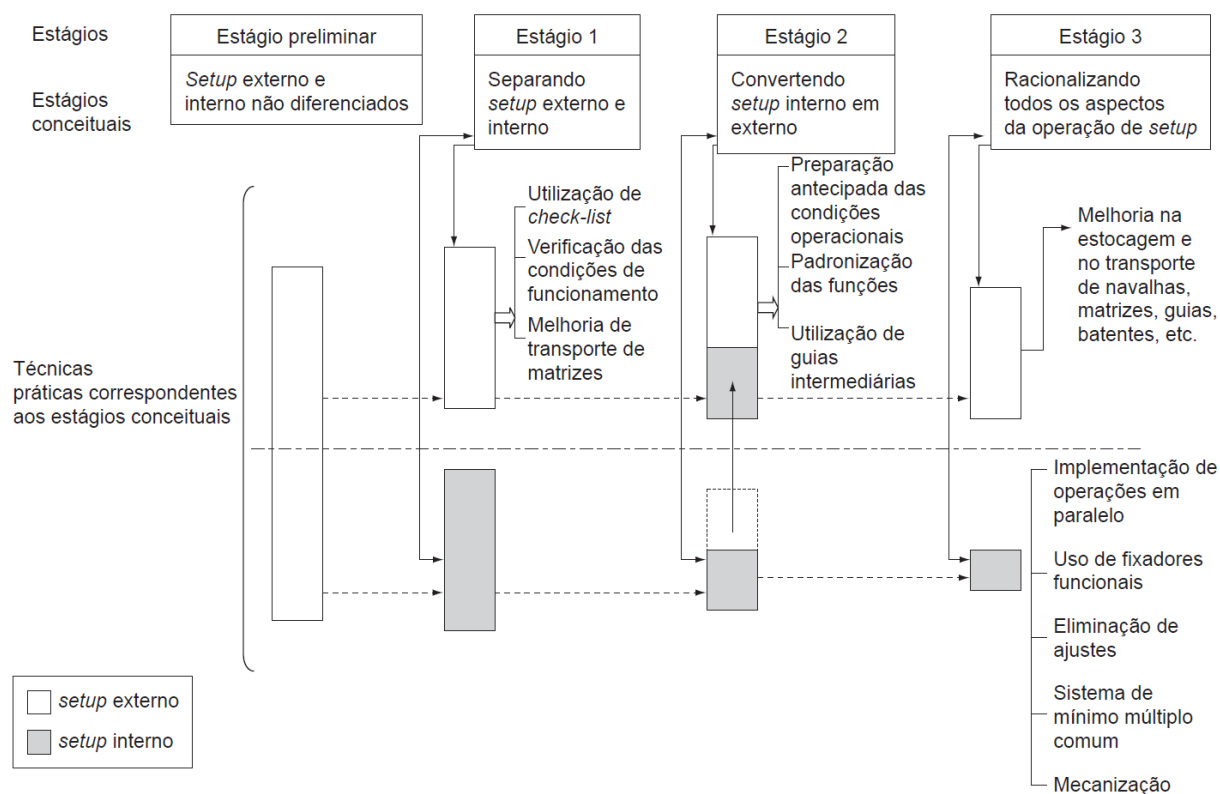
**Quadro 1 – Estágios conceituais da TRF e técnicas correspondentes.**

Estágio Conceitual	Técnicas propostas
Estágio 1	Utilização de uma lista de verificação ( <i>check-list</i> ); Verificação das condições de funcionamento; e Aperfeiçoamento do transporte das matrizes.
Estágio 2	Preparação antecipada das condições operacionais; Padronização das funções; e Utilização de gabaritos intermediários.
Estágio 3	Melhoria da estocagem e transporte de ferramentas de corte, matrizes, dispositivos, etc; Implementação de operações em paralelo; Utilização de fixadores funcionais; Eliminação de ajustes; Sistema de mínimo múltiplo comum; e Mecanização.

Fonte: Adaptado de Shingo (1996)

A Figura 2 representa de maneira esquemática e figurada o sistema da TRF contendo os estágios conceituais e suas respectivas técnicas.

**Figura 2 – A Troca Rápida de Ferramenta (TRF): estágios conceituais.**



Fonte: Shingo (2000)

Apesar dos fatores vantajosos levantados acerca da TRF, é importante frisar que as empresas podem enfrentar barreiras quanto a sua implementação, principalmente por parte dos funcionários, que em algumas ocasiões podem sentir que seu trabalho foi desperdiçado. Essas barreiras de mudança cultural e organizacional, geralmente, são fruto da não criação de um cronograma detalhado de trabalho e de checagem, bem como a falta de incentivo por parte da alta administração (PATEL; DALE; SHAW, 2001).

#### 2.1.4 Manufatura Enxuta (ME)

A manufatura enxuta ou *Lean Manufacturing*, teve sua origem no Japão em meados da década de 1950, após a Segunda Guerra Mundial. O sistema desenvolvido por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo na Toyota Motors, inspirava-se na essência da produção em massa proposta por Ford. Entretanto, constataram que o modelo “puro” do Fordismo não se adaptaria ao Japão, e dessa forma nasceu o Sistema Toyota de Produção (STP) (MULLER, 1996).

Com as diversas mudanças que o mercado sofreu desde a implementação do Fordismo, Ohno denomina o STP como sendo:

“O Sistema Toyota de Produção, entretanto, não é apenas um sistema de produção. Eu estou confiante que ele revela sua força como um sistema gerencial adaptado à era atual de mercados globais e de sistemas computadorizados de informações de alto nível” (OHNO, 1997, p. 10)

Os modelos de manufatura conhecidos antes do surgimento da manufatura enxuta se baseavam na produção artesanal e a produção em massa, e o melhor entendimento do sistema ME ocorre quando comparado os dois modelos clássicos da época.

Enquanto o produtor artesanal utiliza de mão de obra altamente qualificada e ferramentas simples, porém flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor deseja, um produto por vez. O produtor em massa por sua vez, utiliza profissionais excessivamente especializados para projetar os produtos padronizados que serão confeccionados por trabalhadores com pouca ou nenhuma qualificação, através de máquinas onerosas e especializadas em uma única tarefa (WOMACK; JONES, 1992).

Conforme Womack e Jones (1992), o produtor enxuto combina as vantagens das produções artesanais e em massa, evitando os altos custos da primeira e a rigidez

da segunda. Dessa forma, a manufatura enxuta utiliza-se de equipes multi-qualificadas em todos os níveis organizacionais, e busca por utilizar máquinas altamente flexíveis e com alto nível de automatização. E, provavelmente, a maior diferença entre a produção em massa e a enxuta reside nos limites propostos como metas.

O produtor em massa tolera uma quantidade máxima de defeitos, uma quantidade máxima de estoque e uma variedade máxima de produtos, enquanto o produtor enxuto busca custos cada vez menores, ausência total de defeitos, eliminação dos estoques juntamente com uma infinidade novos produtos (WOMACK; JONES, 1992).

Ao final do ano de 1949, uma grande crise de vendas forçou uma demissão em massa na Toyota. Cerca de um quarto da força de trabalho fora dispensada e somente após uma longa greve, que terminou com a renúncia do presidente da empresa, Kiichiro Toyoda, os empregados remanescentes conquistaram através de negociações sindicais a garantia de emprego vitalício, progressão salarial e participação nos lucros da empresa (WOMACK; JONES, 1992).

Diante desse cenário, fazia sentido para a empresa explorar ao máximo as qualificações, experiências e conhecimentos dos trabalhadores, uma vez que este custo seria fixo e não sofreria depreciação como as máquinas (WOMACK; JONES, 1992).

Coriat (1992) mostra que o Japão daquela época possuía profissionais e funcionários pouco qualificados, portanto a racionalização do trabalho japonês se distinguia da racionalização americana. No Japão, o trabalho era visto a partir da “desespecialização” do trabalhador qualificado onde a polivalência e a multifuncionalidade eram características desejáveis. Ao passo que, nos Estados Unidos, o trabalho era segmentado e distribuído aos colaboradores e estes realizavam a mesma tarefa repetidas vezes.

Dentro deste contexto, Womack e Jones (1992), mostraram que a inviabilidade da aplicação do sistema de produção em massa americano no Japão, em seu estado inalterado se dava a partir dos seguintes fatos:

- Mercado doméstico limitado, demandando vasta gama de veículos desde carros de luxo para autoridades, caminhões para transporte de mercadoria até carros pequenos para as cidades populosas;

- Força de trabalho nativa do Japão já não estava mais propensa a ser tratada como custo variável ou intercambiável. A forte presença dos sindicatos garantiu direitos e restringiu o poder das empresas;
- A economia do país, devastada pela guerra, estava ávida por capitais e trocas comerciais, sendo quase impossível compras maciças de tecnologias ocidentais;
- O mundo estava repleto de grandes produtores automobilísticos ansiosos para operarem no Japão.

Entretanto, quanto ao último problema apresentado, o governo japonês interviu proibindo os investimentos externos na indústria automobilística japonesa, e com isso Ohno procurou um novo enfoque: a produção enxuta (WOMACK; JONES, 1992).

O conceito de Manufatura Enxuta (ME) só foi apresentado ao ocidente no início de 1990 com o livro “A máquina que mudou o mundo” de Womack e Jones, e buscava identificar o sucesso japonês quanto a eficiência e qualidade da sua indústria automobilística. A ME consiste em um modelo de gestão focado em produzir com o máximo de aproveitamento dos recursos, redução dos desperdícios e com a redução do *lead time*, ou seja, uma redução do tempo entre a realização do pedido e a entrega do produto para o cliente.

Segundo Ohno (1997), a verdadeira melhoria da eficiência está diretamente ligada à produção com zero desperdício. Uma vez que, no STP, deve-se produzir apenas a quantidade necessária, a força de trabalho deve estar adequada à produção e se necessário deve ser reduzida para cortar desperdícios. Dessa forma, é essencial que sejam identificados completamente os tipos de desperdícios, e estes podem ser divididos em sete categorias:

- 1) Desperdício de superprodução;
- 2) Desperdício de espera;
- 3) Desperdício em transporte;
- 4) Desperdício do processamento em si;
- 5) Desperdício de estoque disponível;
- 6) Desperdício de movimento;
- 7) Desperdício de defeitos de produção.



De forma geral, o pensamento da ME se refere em grande parte pela diferença entre valor e desperdício, sendo o primeiro relativo à capacidade de fornecer ao cliente o produto no momento certo a um preço justo, conforme acordo com o cliente. O desperdício por sua vez é qualquer atividade humana que absorve os recursos, mas não gera valor. Portanto, a filosofia da ME pode ser descrita como a busca incessante pela eliminação dos desperdícios do processo buscando manter apenas aquilo que agrega valor (STONE, 2012).

É importante ressaltar que para a implementação da metodologia enxuta é necessário que ocorram mudanças comportamentais e de mentalidade e não apenas de processo. Essa mentalidade deve ser difundida em todos os envolvidos na cadeia de valor para que compreendam a necessidade da implementação (WOMACK; JONES, 1992).

Diante disso, é importante compreender cinco princípios-chave que norteiam a implementação de uma filosofia enxuta (*lean*), sendo eles:

- Identificar o Valor – Para a filosofia enxuta o valor deve ser centrado no cliente, entregando um produto específico, a um preço e tempo acessível atendendo às necessidades do cliente. Entretanto, o produtor pode ter problemas caso tente definir o que é o valor para o cliente sem considerar suas necessidades (WOMACK; JONES, 2004);
- Identificar a Cadeia de Valor – Corresponde a todas as etapas e processos de fabricação de um produto desde a entrada da matéria prima até a comercialização para o cliente, considerando o desperdício e aquilo que agrega valor para o cliente. Nesta etapa, pode-se dividir a cadeia em três categorias: atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor, entretanto são essenciais para a manutenção do processo e da qualidade do produto e atividades que não agregam valor. O objetivo é identificar esta última categoria e minimizá-la o quanto antes (WOMACK; JONES, 2004);
- Estabelecer um Fluxo Contínuo – O estabelecimento de um fluxo de produção otimizado, onde o processamento ocorre de maneira mais contínua possível. Esta otimização visa eliminar as paradas, estoques e tempos mortos que não agregam valor, portanto, a otimização visa a eliminação dos desperdícios e das atividades que não agregam valor ao cliente (WOMACK; JONES, 2004). Com a otimização do fluxo

realizada, os tempos de resposta ao consumidor serão reduzidos através de um balanceamento do processo, ou seja, se os processos de baixa capacidade podem produzir a capacidade requerida pelos clientes, a operação de maior capacidade é mantida no mesmo nível do processo de baixa capacidade, através da diminuição da velocidade de operação ou via operação intermitente. Caso a capacidade da operação de baixa capacidade não atenda a capacidade a ser produzida, esta deve ser melhorada. Este balanceamento do processo é essencial para eliminar os excessos entre estágios, e reduzir os custos quanto a superprodução (SHINGO, 1996);

- Sistema *Pull* – Este é um importante princípio que tem como objetivo produzir apenas aquilo que foi demandado através dos clientes, ou seja, produzindo apenas o que é necessário a produção permanece focada na demanda real do produto e a empresa consegue operar com: lotes menores, redução e melhor controle dos estoques e consequentemente menores tempos de produção;
- Melhoria Contínua – Fica evidente, uma vez aplicados os princípios anteriores, que o processo apresenta diversos pontos de melhorias. A busca pela melhoria contínua (Kaizen) deve ser presente no cotidiano da empresa para que se ofereça um produto com cada vez mais qualidade ou com maior valor agregado para o cliente. Segundo Liker (2007) quando há processos estáveis e as perdas e ineficiências são visíveis, tem-se a oportunidade de aprender e melhorar continuamente e isso é essencial para que o valor possa fluir com maior rapidez e mesmo com o surgimento dos desperdícios, é possível eliminá-los através de uma busca ativa pela melhoria contínua.

Para operacionalização de um sistema enxuto, a empresa precisa abordar uma série de técnicas e conceitos que, quando interrelacionados de maneira programada, geram resultados consistentes para a produção como um todo. Dessa maneira, o sistema se torna contínuo, sólido e consistente, características essenciais quando se busca a eliminação completa das falhas. Jabbour et al. (2013) apresenta em seu trabalho as principais práticas e características associadas à produção enxuta, conforme Quadro 2.

**Quadro 2 – Principais práticas e características que definem a ME.**

<b>Práticas e Características</b>	<b>Descrição</b>
1. Melhoria Contínua	Busca pela contínua melhoria em qualidade, custo, tempo de entrega e projeto.
2. <i>Just in Time</i> (JIT)	Busca o fluxo contínuo da produção.
3. <i>Kanban</i>	Sistema de cartões para criar um fluxo puxado e facilitar a comunicação entre os processos.
4. Desenvolvimento de Fornecedor	Atividade voltadas a desenvolver um bom relacionamento com o fornecedor, afim de se obter a sua colaboração.
5. 5S	Gestão visual que tem como objetivo a redução da desordem e ineficiência dos setores administrativos e produtivos.
6. Manutenção Produtiva Total (TPM)	Tem como objetivo melhorar a confiabilidade, capacidade e disponibilidade dos equipamentos através da manutenção periódica.
7. Redução de Lote/Estoque	Criação de pequenos lotes de produção, afim de reduzir o estoque no processo e aumentar a variedade.
8. Funcionário Multifuncional	Desenvolvimento do profissional através de treinamentos, visando à sua autonomia para evitar falhas ao longo do processo.
9. Círculo de Melhoria - <i>Kaizen</i>	Discussões sistemáticas entre os operários e gestores que buscam promover a melhoria contínua.
10. Mapeamento do Fluxo de Valor	Redução dos desperdícios através de um menor índice de defeitos, diminuição do tempo de <i>setup</i> , redução de resíduos, diminuição do consumo de energia, análise do <i>lead time</i> e tempo de processo.

**Fonte: Adaptado de Jabbour *et al.* (2013) e Hasegawa, Venanzi e Silva. (2016)**

Dentre estes conceitos, técnicas e sistemáticas, dar-se-á ênfase, neste trabalho, aos seguintes:

- *Just in Time* (JIT):
- Troca Rápida de Ferramenta (TRF ou SMED em inglês);
- Manutenção Produtiva Total (MPT ou TPM em inglês);

Segundo Muller (1996), acerca deste modelo, pode-se citar as seguintes características:

- Substituição da estratégia de economia de escala pela economia de escopo, com grande variedade de produtos produzidos através de plantas flexíveis atuantes em nichos de mercado;
- Utilização intensiva de tecnologia de base microeletrônica;
- Utilização do trabalhador como recurso “inteligente”;
- Retorno das subcontratações de mão de obra, terceirizando parte do processo que não seja considerado o cerne do negócio;
- Reunião de empresas em redes, aproveitando-se de sistemas cooperativos e flexíveis de intercâmbio tecnológico, recursos físicos e mão de obra.

No que se refere ao novo modelo organizacional, em termos de Brasil, deve-se destacar, principalmente, a necessidade de as empresas brasileiras alcançarem a competitividade internacional, visto que este fator é crucial para a prosperidade ou até mesmo sobrevivência da indústria brasileira neste novo cenário. E ainda, é fundamental a percepção de que para alcançar tal competitividade as empresas precisam aperfeiçoar substancialmente o sistema de gestão da produção, através de esforços de melhoria da qualidade e produtividade (FLEURY; PROENÇA, 1993).

Sumarizando os modelos de organização industrial abordados no escopo deste trabalho, o Quadro 3 resume comparativamente algumas das principais características dos modelos.

**Quadro 3 – Comparativo entre modelos de organização industrial.**

<b>Característica</b>	<b>Modelo</b>	<b>Taylorismo</b>	<b>Fordismo</b>	<b>Manufatura Enxuta</b>
<b>Ideia central</b>		Administração científica	Produção em massa	Produção enxuta
<b>Evolução (baseado em...)</b>		Sistema Americano de Manufatura	Taylorismo	Taylorismo e Fordismo
<b>Condições de mercado</b>		Demanda estável	Demanda estável	Demanda instável
<b>Fatores competitivos</b>		Custo de produção	Quantidade e custo de produção	Qualidade, diferenciação e custo de produção

<b>Foco</b>	Homem	Máquina	Sistema
<b>Preocupação com perdas</b>	Movimento humano	Máquinas paradas	Generalizada
<b>Equipamentos</b>	-	Caros e dedicados	Flexíveis e automatizados
<b>Volume de produção</b>	Médio	Alto	Alto
<b>Variedade</b>	-	Baixa	Alta
<b>Lote de Produção</b>	Médio	Grande	Pequeno
<b>Estoques</b>	-	Alto	Zero estoque (objetivo)
<b>Divisão do trabalho</b>	Divisão técnica e social do trabalho (homem – posto – tarefa)	Divisão técnica do trabalho – especialização	Enriquecimento das funções
<b>Mão de obra</b>	Não qualificada	Semi ou não qualificada – intercambiável	Multiquificado e polivalente

**Fonte: Adaptado de Muller (1996)**

## **2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)**

Neste contexto de grandes inovações e evolução dos modelos organizacionais, o TPM se mostra como uma ferramenta gerencial com grande adesão em empresas de todo o mundo devido aos seus resultados expressivos. Desta maneira, o presente capítulo tem como objetivo contextualizar esta ferramenta quanto aos seus conceitos e principalmente abrangência.

O surgimento de uma estrutura específica para manutenções surgiu apenas após a Primeira Guerra Mundial, onde a conjuntura econômica exigia que as empresas buscassem alternativas para redução do tempo das máquinas paradas, máquinas as quais, geralmente, simples e superdimensionadas. A alternativa

encontrada foi a criação de equipes especializadas em atender as demandas, predominantemente corretivas, no menor tempo possível. No geral, a manutenção realizada consistia em serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra (PINTO; XAVIER, 1998).

Após o final da Segunda Guerra Mundial, as pressões do mercado exigiam os mais variados produtos, entretanto, em um cenário com mão de obra drasticamente menor. Assim, o período foi marcado por uma forte mecanização e aumento da complexidade dos parques fabris.

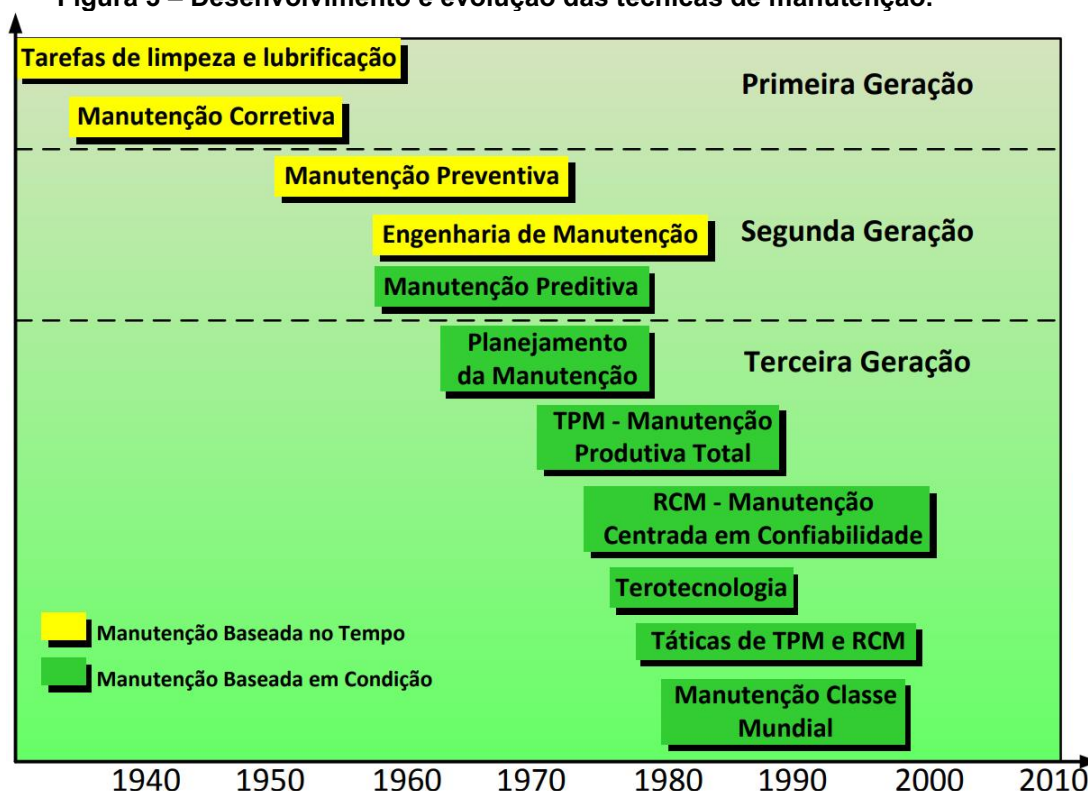
Em busca de uma maior produtividade e disponibilidade das máquinas, percebeu-se que as manutenções reativas não eram mais suficientes, as falhas deveriam ser evitadas para garantir o bom funcionamento das máquinas. E com isso surgiu o conceito de manutenção preventiva, que buscavam manter os equipamentos operando em condições ideais, visando uma baixa quantidade de falhas e um curto tempo de reparo quando estas ocorressem (PINTO; XAVIER, 1998).

Segundo Pinto e Xavier (1998), a manutenção preventiva desta época se limitava em intervenções nos equipamentos realizados em intervalos fixos, e o custo da manutenção se mostrou elevado em comparação com os custos operacionais. Fato este, que fez aumentar o sistema de planejamento e controle de manutenção que fazem parte fundamental da manutenção moderna. Neste mesmo período, com o avanço da tecnologia, iniciou-se o monitoramento e estudos dos tipos de falha, podendo assim criar estimativas de quando elas poderiam ocorrer.

A partir da década de 1970, tem início a Terceira Geração da Manutenção muito influenciada pela tendência de a produção estar voltada para o sistema *Just in Time*. A paralisação da produção significava uma drástica redução na capacidade produtiva e em um sistema que operava com estoques reduzidos pequenas paradas não planejadas poderiam representar uma paralisação de todo o processo fabril.

Como consequência da Terceira Geração, ocorreram: o reforço do conceito e da utilização da manutenção preditiva, o monitoramento das condições e gestão de risco, o processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC ou do inglês RCM), e o surgimento do conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM) (PINTO; XAVIER, 1998). A Figura 3 apresenta a evolução das principais técnicas e filosofias de manutenção de maneira cronológica.

Figura 3 – Desenvolvimento e evolução das técnicas de manutenção.



Fonte: Adaptado de Gutiérrez (2005)

Dentro deste contexto, Robinson e Ginder (1995) apontam o surgimento do *Total Productive Maintenance* (TPM), traduzido para Manutenção Produtiva Total, no Japão no final da década de 1960. Onde foi implementado pela primeira vez em uma empresa fornecedora de componentes elétricos para a Toyota, a Nippondenso e devido ao grande sucesso da implementação a empresa foi a primeira a receber o Prêmio de Excelência do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM).

Segundo Robinson e Ginder (1995), após a concessão deste prêmio Seiichi Nakajima, vice-presidente do JIPM e especialista em manutenção industrial, tornou-se um grande disseminador da metodologia TPM para empresas do Japão e de outros países, com o objetivo de auxiliar na redução de perdas e melhoria dos resultados operacionais.

Devido ao grande potencial de inovação organizacional, e pela grande velocidade de disseminação entre as empresas ao redor do mundo, encontram-se diversos trabalhos na literatura que buscam definir e contextualizar o TPM.

Para Nakajima (1989), a metodologia TPM é definida como “um sistema global de manutenção industrial realizada por todos por meio da criação de pequenos grupos

de trabalho”, seguindo o princípio de que é de responsabilidade de todos a otimização da utilização dos ativos.

Nakajima (1989) complementa dizendo que a metodologia promove uma integração total entre os funcionários e as máquinas, a partir da disseminação do contexto de que desde os níveis operacionais até a alta gerência todos são responsáveis pela manutenção dos meios produtivos. E ainda para o autor, a definição completa do TPM inclui cinco estratégias:

- 1) O TPM busca maximizar a eficiência global do equipamento;
- 2) Implantar um sistema de Manutenção Preventiva (MP) que contemple todo o ciclo de vida do equipamento;
- 3) Envolvimento de todos os departamentos: engenharia, produção e manutenção;
- 4) Envolvimento de todos os colaboradores, desde a alta gerência até o operacional;
- 5) Promoção da manutenção preventiva através da criação de pequenos grupos de trabalho focados na realização da manutenção autônoma.

Para Takahashi e Osada (1993), o TPM constitui-se de atividades de manutenção realizadas com a colaboração de todos da empresa, e está entre os métodos mais eficientes na transformação do gerenciamento da empresa voltado para os equipamentos. Apesar do surgimento no Japão, o método teve grande influência dos conceitos de Manutenção Preventiva ou Produtiva desenvolvidas anteriormente nos Estados Unidos.

Ampliando a revisão sobre a abrangência do conceito de TPM, McKone, Schoroeder e Cua (1999) definem que:

“O TPM foi desenvolvido para maximizar a eficiência dos equipamentos através da melhoria do rendimento global e estabelecendo um sistema que aproxima a produção e a manutenção cobrindo toda a vida útil dos equipamentos e abrangendo todos os campos relacionados, desde o planejamento, uso, manutenção, etc. Este sistema conta com a participação de todos os colaboradores, desde a alta gestão até os trabalhadores do chão de fábrica, e a manutenção produtiva deve ser promovida através do gerenciamento motivacional e da participação das atividades voluntárias de pequenos grupos.” (MCKONE; SCHOROEDER; CUA, 1999, p. 2).



A instituição responsável por disseminar o TPM ao redor do planeta, JIPM elaborou um manual para a correta implementação do TPM e neste ela o define a partir de cinco características essenciais (JIPM, 2015):

- 1) O TPM busca formar uma cultura corporativa para maximizar o uso do sistema de produção e melhorar o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ou Rendimento Operacional Global dos equipamentos;
- 2) Estabelece um sistema genba-genbutsu, baseado no conceito japonês do *Gemba* (chão de fábrica) e *Genbutsu* (produto analisado), este pode prevenir várias perdas e alcançar o conceito desejado de “zero acidentes, zero defeitos e zero falhas”, em cada equipamento durante o seu ciclo de vida na cadeia produtiva;
- 3) Envolve todos os departamentos da empresa, incluindo a equipe de desenvolvimento, produção, vendas e gerencia;
- 4) Requer envolvimento total dos colaboradores, desde a alta gerência até os operários da linha de frente;
- 5) Busca alcançar a perda zero através das atividades de pequenos grupos autônomos que são sobrepostos em um sistema de hierárquico denominados comitês;

Nakajima (1989) formula o conceito de OEE durante o desenvolvimento com o TPM, e o define como uma relação de disponibilidade, performance e qualidade. Onde a disponibilidade representa quanto tempo o equipamento produziu em relação ao tempo total disponível. A performance por sua vez está relacionada a velocidade de operação do equipamento, comparando a quantidade produzida com a quantidade teórica que deveria ser produzida enquanto o equipamento estava operando sem considerar a qualidade dos produtos. Por fim, a qualidade é o indicador responsável por informar a quantidade de itens bons produzidos em relação a quantidade total (OEE, 2022).

A Figura 4 apresenta, matematicamente e esquematicamente, como o OEE pode ser calculado de acordo com as características de cada indicador.

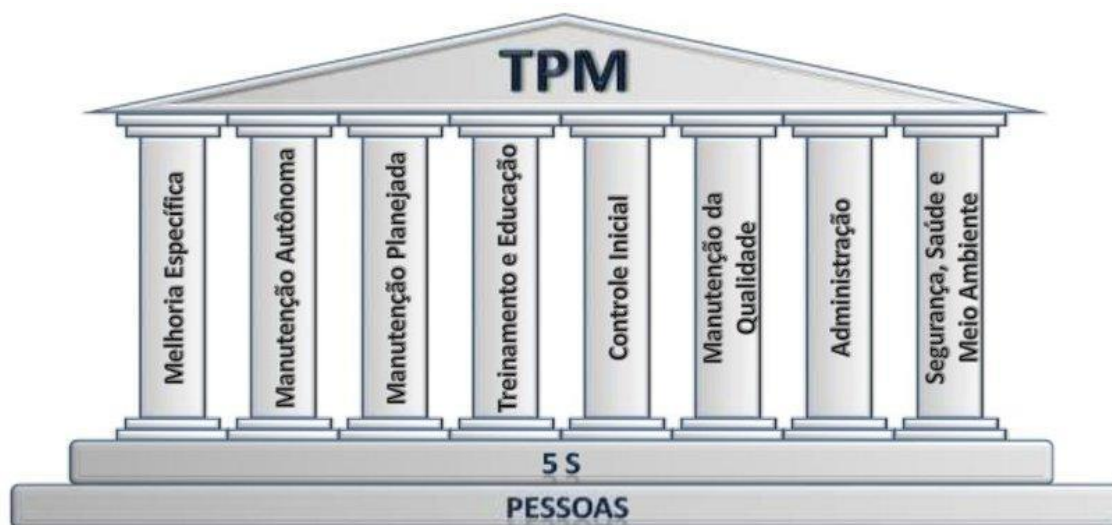
Figura 4 – Cálculo do OEE.

		Tempo Total				
<b>OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade</b>	<b>Disponibilidade = B / A</b>	<b>A</b>	Tempo programado para produzir		Horário não planejado	Horário não alocado
		<b>B</b>	Tempo produzindo	Perdas de Disponibilidade: -Quebra de Máquina -Ociosidade -Setup	Horário de não responsabilidade da equipe de produção	Horário em que fábrica está com as portas fechadas
		<b>Performance = D / C</b>	<b>C</b>	Produção Teórica		
			<b>D</b>	Produção Real	Perdas de Performance: -Velocidade reduzida -Pequenas paradas	
		<b>Qualidade = F / E</b>	<b>E</b>	Boas + Ruins		As Grandes Perdas de Produção
			<b>F</b>	Boas	Perdas de Qualidade: -Refugos de Partida -Refugos de Produção	

Fonte: OEE (2022)

Com o objetivo de aumentar a eficiência produtiva e estruturar a linha de ação do TPM. Carrijo (2008) estrutura a metodologia em oito pilares que representam um conjunto de atividades que são desenvolvidas por equipes multidisciplinares de todos os setores da empresa. A Figura 5 representa estes fundamentos que possuem como base as pessoas e a metodologia 5S.

Figura 5 – Os oito pilares do TPM.



Fonte: Adaptado de Carrijo (2008)

A seguir será apresentada uma breve apresentação dos principais objetivos e características dos oito pilares.

### 2.2.1 Melhoria Específica

Este pilar é responsável por estudar e erradicar as grandes principais perdas do processo produtivo que são responsáveis por reduzir a eficiência global dos equipamentos, também conhecido como *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), um dos indicadores analisados neste trabalho.

Segundo Carrijo (2008), o planejamento realizado leva em consideração a medição dos indicadores de desempenho e uma análise estratificada das perdas com o auxílio de ferramentas de qualidade como Análise de Pareto e Diagrama de Causa e Efeito, afim de elevar a eficiência.

### 2.2.2 Manutenção Autônoma

Conforme descrito por Xenos (1998), o pilar da Manutenção Autônoma pode ser descrito como:

“uma estratégia simples e prática para envolver os operadores dos equipamentos nas atividades de manutenção, principalmente na limpeza, lubrificação e inspeções visuais. A implementação da manutenção autônoma motiva os operadores a relatarem rapidamente quaisquer anomalias nos equipamentos – tais como ruídos, vibrações, odores e temperatura – permitindo que a manutenção atue antes que as falhas ocorram.” (XENOS, 1998, p. 35).

Ainda segundo o autor, além de aproximar os operadores com a equipe de manutenção, a manutenção autônoma é altamente eficiente, quando aplicado da maneira correta, para reduzir as falhas nos equipamentos e conseqüentemente as interrupções na produção. Entretanto, é importante ressaltar que a manutenção autônoma deve ser entendida como uma divisão de trabalho eficiente e cooperativa entre os setores de produção e manutenção, e assim, a sua implementação não elimina a necessidade de uma estrutura de manutenção bem gerenciada (XENOS, 1998).

### 2.2.3 Manutenção Planejada

Segundo Carrijo (2008), este pilar tem como objetivo aplicar melhorias no sistema de manutenção da empresa, e ainda tem por finalidade estruturar uma base de dados para elaboração de indicadores do nível de eficiência da manutenção e dos resultados obtidos pelos equipamentos.

Para Ribeiro (2010), o pilar da manutenção planejada deve ser capaz de antever e tratar as anomalias dos equipamentos antes que ocorra a quebra, e conseqüentemente uma parada não planejada. Dessa forma, a manutenção planejada busca de maneira geral, reduzir as paradas dos equipamentos aumentando a disponibilidade operacional.

### 2.2.4 Treinamento e Educação

Pinto e Xavier (1998) apontam em seu trabalho o aprendizado contínuo como uma característica fundamental para lidar com o mundo de rápidas transformações. Sendo assim, os colaboradores são a alma de qualquer organização e eles precisam ser capazes de se autodirigir e de se autocontrolar na maioria das situações, através do desenvolvimento técnico e pessoal. O desenvolvimento técnico deve ser adquirido a partir de cursos específicos e treinamento.

Carrijo (2008) completa este pensamento, relatando que a implementação das técnicas do TPM envolve mudanças nas pessoas e na cultura da organização. E indica que essas mudanças só são possíveis através da melhoria do nível educacional de todas as pessoas da empresa, aliado a um forte programa de treinamento técnico, focado nas necessidades de cada setor.

### 2.2.5 Controle Inicial

Nesse pilar é necessário o estabelecimento de um sistema de gerenciamento para os novos projetos e equipamentos, visando eliminar os problemas no nascimento e implementar um sistema de monitoramento (ALVES; OLIVEIRA, 2014).

Segundo Suzuki (1994), o principal objetivo deste pilar é garantir que o tempo de desenvolvimento seja o menor possível, assim a equipe responsável deve buscar maneiras de reduzir o tempo entre a compra, a instalação e a produção efetiva do equipamento, levando em consideração os possíveis riscos na implementação, assim caso alguma dificuldade seja apresentada já nessa fase o projeto deve ser reavaliado ou interrompido.

### 2.2.6 Manutenção da Qualidade

O objetivo básico deste pilar, para Carrijo (2008), é a busca pela produção com zero defeito nos produtos produzidos, e existem duas maneiras de alcançar este objetivo, sendo a primeira a prevenção e a segunda corrigindo os problemas identificados.

### 2.2.7 Administração

Segundo Suzuki (1994) os departamentos de apoio e administrativos têm um papel crucial ao dar recursos às atividades de produção. As informações fornecidas pelos setores administrativos têm um grande impacto no cotidiano da fábrica, dessa forma este pilar tem como objetivo eliminar as perdas existentes nestes processos principalmente no que tange à qualidade das informações fornecidas e a partir de uma

análise os departamentos devem buscar maneiras de tornar o fluxo de informações mais eficiente.

Carrijo (2008) aponta que o principal objetivo deste pilar é aumentar a velocidade e a qualidade das informações geradas nos processos administrativos. E partir dos conceitos do 5S, estes setores podem analisar os problemas no processo, analisar as perdas, implementar melhorias e padronizar os procedimentos de maneira adequada.

### 2.2.8 Segurança, Saúde e Meio Ambiente

Segundo Carrijo (2008), o objetivo deste pilar é a busca da eliminação completa dos acidentes e poluição, bem como o desenvolvimento de uma mentalidade preventiva no que se refere aos acidentes. Ribeiro (2011) inclui como objetivo do pilar garantir a confiabilidade do equipamento, prevenir erros humanos e assim eliminar os acidentes e a poluição. O autor continua apontando como responsabilidade do pilar de Segurança, Saúde e Meio Ambiente, buscar maneiras para contribuir para um ambiente de trabalho seguro para os operadores através de auditorias de segurança e rotinas que visam garantir o bem estar e saúde do trabalhador.

### 2.2.9 Foco do trabalho dentro do TPM

Dentro do contexto dos pilares do TPM apresentados, o presente trabalho busca aplicar, principalmente, mas não excludente, os pilares da Melhoria Específica, Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Treinamento e Educação e Administração.

## 3 METODOLOGIA

Este capítulo tem o propósito de organizar e desenvolver os procedimentos necessários para a realização dos objetivos propostos e para isso será separado em duas seções. A primeira seção é destinada à apresentação da empresa local onde o trabalho será realizado, e a segunda seção o estudo de caso com os procedimentos adotados na tentativa de aplicar as filosofias da Manufatura Enxuta e elevar o OEE.

O presente estudo, segundo Yin (2010), pode ser caracterizado como um estudo de caso do tipo exploratório, onde um fenômeno é investigado em profundidade e em seu contexto real. Neste contexto, Gil (2008) aponta que as pesquisas exploratórias proporcionam grande familiaridade com o problema, possibilitando a criação de hipóteses de maneira bastante flexível.

Dessa maneira, o trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa de campo, partindo da coleta de informações *in loco* que contou com a participação dos líderes dos setores e da gerência industrial. A pesquisa foi realizada no período de dezembro de 2021 a junho de 2022. Onde o mês de dezembro foi utilizado para caracterização do setor e as implementações ocorreram de janeiro a junho de 2022.

Importante ressaltar, que no presente capítulo, alguns resultados serão apresentados de forma a possibilitar a estruturação da metodologia, visto que são essenciais para a implementação das práticas propostas.

### **3.1 Caracterização da Empresa**

A empresa estudada conta atualmente com aproximadamente 1000 funcionários distribuídos em diversos setores administrativos e operacionais, e ainda possui um faturamento anual superior a 50 milhões. Dessa forma, segundo o SEBRAE (2022) e a Anvisa (2022), a empresa é classificada como uma empresa de grande porte.

A empresa em questão trata-se de uma indústria metalúrgica cujo foco é a produção de cadeados, maçanetas e fechaduras. Com uma operação em grande parte verticalizada, conta com setores produtivos como: Estamparia, Fundição, Galvanoplastia, Pintura, Montagem de Fechaduras e Cadeados, Usinagem e Politriz.

Dessa forma, a empresa visa um maior controle da qualidade dos seus produtos e uma maior agilidade para se adaptar às demandas do mercado. Fato que acabou se validando com a recente crise do novo Coronavírus, a empresa precisou se adaptar rapidamente para não perder espaço no mercado para os concorrentes.

Diante deste contexto, o presente trabalho busca uma maneira de elevar a eficiência da fábrica a fim de se obter o máximo de aproveitamento da capacidade fabril instalada a partir de um baixo investimento necessário. Assim, a empresa visa se manter competitiva em um cenário cada vez mais agressivo.

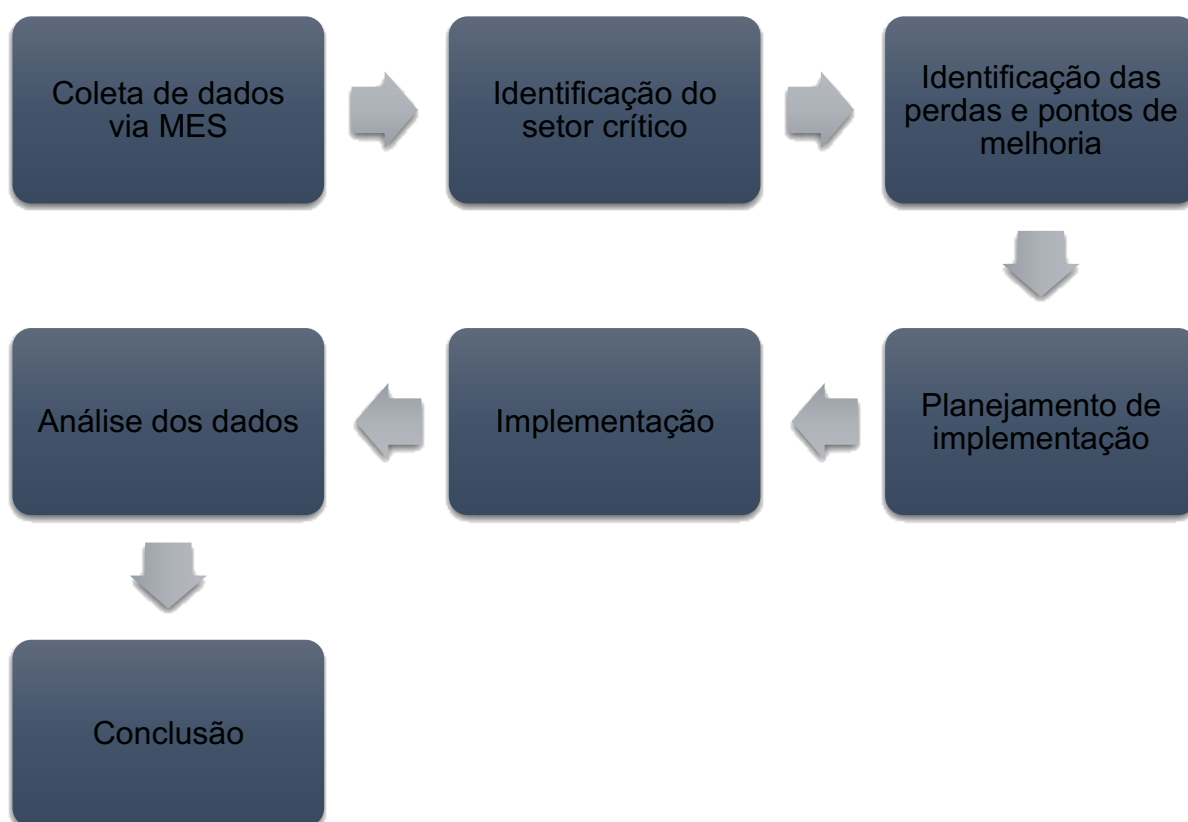
### 3.2 Justificativa para o Estudo de Caso

Inicialmente é necessário envolver a alta gerência da fábrica, o Diretor e o Gerente Industrial, pois estes são considerados o nível hierárquico com maior influência nas decisões tomadas que possam requerer algum investimento ou uma mudança significativa no processo de manufatura da empresa.

O convencimento da gerência da importância da aplicação de um método de TPM associado com TRF, pode ser elaborado a partir da visualização da necessidade de realizar mudanças e dos possíveis resultados obtidos com a implementação. Além do fato, de apontar que caso as mudanças não ocorram a fábrica continuará operando com baixa eficiência e, conseqüentemente, um elevado desperdício de recursos e tempo.

A partir disso, o fluxograma da Figura 6, apresenta os passos necessários utilizados para a elaboração do presente estudo:

Figura 6 – Fluxograma do estudo.



Fonte: Autor (2022)



### 3.2.1 *Manufacturing Execution System* (MES)

A dificuldade de integrar múltiplos pontos do sistema fez com que os desenvolvedores de software providenciassem uma solução para empacotar os vários componentes de gerenciamento da produção em um sistema único e integrado, conhecido como *Manufacturing Execution System* (MES). Este sistema fornece uma interface de usuário comum e um sistema de gerenciamento de dados que contabiliza todos os pontos do processo (SAENZ; ARTIBA; PELLERIN, 2009).

Segundo Saenz, Artiba e Pellerin (2009), o sistema MES nasceu da necessidade das empresas de satisfazer as demandas do mercado, no que se refere a velocidade de reação, qualidade, respeito às normas e redução de custos e prazos. Dessa maneira, o MES foi concebido para atender principalmente as atividades de manufatura e se classifica como um importante vetor para agregar valor as indústrias manufatureiras.

A organização MESA reuniu os principais interessados do mercado, para padronizar e fornecer uma definição formal para o sistema MES (MESA,2007):

“O MES fornece informações que permitem a otimização das atividades de produção desde o lançamento do pedido até os produtos acabados. Usando dados atuais e precisos, o MES orienta, inicia, responde e relata as atividades da planta à medida que estas ocorrem, A resposta rápida resultante juntamente com o foco na redução de atividades sem valor agregado, impulsiona a realização de operações e processos mais eficazes. O MES melhora o retorno dos ativos operacionais, bem como a entrega dentro do prazo, giro de estoque, margem bruta e desempenho do fluxo de caixa. O sistema fornece informações essenciais e críticas sobre as atividades de produção em toda a empresa e na cadeia de suprimentos por meio de comunicações bidirecionais” (MESA, 2007, p. 3).

Assim, utilizando-se da coleta de dados fornecida pelo sistema MES é possível verificar quais setores estão operando com deságio operacional, ou seja, com baixa eficiência e com alto desperdício. Uma vez que os recursos são finitos, é necessário que se escolha um ponto de partida para realização do estudo e analisando os dados da empresa, notou-se que dentre os setores mais críticos e com maiores potenciais de ganho encontra-se o setor da Estamparia, foco do presente estudo.

Cada máquina do setor da Estamparia conta com um coletor de dados e sensores para captação dos pulsos elétricos e conseqüentemente captar os dados cruciais para a elaboração deste trabalho. Por meio do gerenciador de dados do MES

é possível analisar o tempo que as máquinas ficaram paradas em determinado período de tempo, assim como os respectivos motivos, conforme Quadro 4.

**Quadro 4 – Motivos de paradas no setor da estampa**

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
1001	Manutenção Elétrica
1002	Manutenção Mecânica
1003	Manutenção Civil
1004	Manutenção Preventiva
1006	Aguardando Man. Mecânica
1007	Aguardando Man. Elétrica
1008	Aguardando Man. Civil
1102	Ajuste
1105	Metrologia
1116	Troca de Bobina
1132	Descarte de Cavaco
1133	Try-Out
1167	<i>Setup</i> Estamparia
1201	Falta Operador
1202	Falta Matéria Prima
1203	Falta Ar Comprimido
1204	Falta Ferramentas
1205	Queda de Energia
1208	Realocação de Operador
1302	Limpeza
1303	Refeição
1304	Kanban Cheio
1401	Microparada
1404	Fim de Turno
1501	Aguardando Man. na Ferramenta
1502	Manutenção na Ferramenta
1503	Corretiva Ferramenta no Local

**Fonte: Autor (2022)**

Utilizando-se do coletor de dimensão 20x25 cm, ilustrado na Figura 7, o operador da máquina é responsável por apontar qual estampo encontra-se naquela prensa e qual produto ele está produzindo. E da mesma maneira, cada

parada da máquina superior a 02 minutos deve ser apontada conforme um dos motivos apresentados no Quadro 4. O sistema considera paradas inferiores a 02 minutos como micro paradas e estas não precisam ser apontadas.

Dessa maneira, optou-se por cadastrar no sistema o mínimo de paradas possível sem que isso deixe motivos importantes de fora. Esta decisão leva em consideração o fato de que um valor elevado de indicativos pode gerar confusão, e conseqüentemente os dados gerados podem ser equivocados e divergentes da realidade.

**Figura 7 – Coletor do MES.**



**Fonte: Autor (2022)**

Com o sistema corretamente ajustado, é necessário que os operadores recebam treinamento *in loco* explicando os motivos das paradas e quando cada um deverá ser utilizado, assim como a importância do sistema e dos apontamentos para o setor e para a empresa. Além dos objetivos explícitos do treinamento, essa ação busca gerar senso de responsabilidade e engajamento dos colaboradores, visto que estes são diretamente responsáveis por seus respectivos apontamentos e conseqüentemente pelos indicadores do setor.

### 3.2.2 Identificação do Setor Crítico

A empresa analisada separa sua operação em “fundo”, processos intermediários e linhas de montagem. O “fundo” é a parte da operação que consiste na produção de todos os componentes que irão integrar as fechaduras e cadeados na linha de montagem, e este conjunto de setores são representados pela Estamparia e Fundição.

As operações intermediárias consistem basicamente em operações de acabamento, recebendo os produtos da Estamparia e Fundição e transformando em produtos acabados, sejam eles niquelados, cromados ou pintados. Os setores que compõem estas operações são: Politriz, Galvanoplastia e Pintura.

Após os produtos receberem seus respectivos acabamentos são selecionados pelo setor da Qualidade e enviados através da logística interna para os centros de distribuição espalhados pela fábrica. As linhas de montagem, por sua vez, solicitam esses produtos de acordo com a demanda e iniciam o processo de montagem das máquinas, cadeados e kits maçanetas.

Dessa forma, a gerência industrial verificou que seria mais vantajoso para elevar a eficiência da fábrica como um todo, iniciar o programa de melhorias pelo “fundo”. Uma vez que as linhas de montagem e processos intermediários estavam operando abaixo de sua capacidade total, o “fundo” operava com baixa eficiência e geralmente no gargalo. Dentre os setores produtivos, os maiores ganhos encontravam-se na Estamparia, visto que a Fundição havia passado recentemente por práticas da ME.

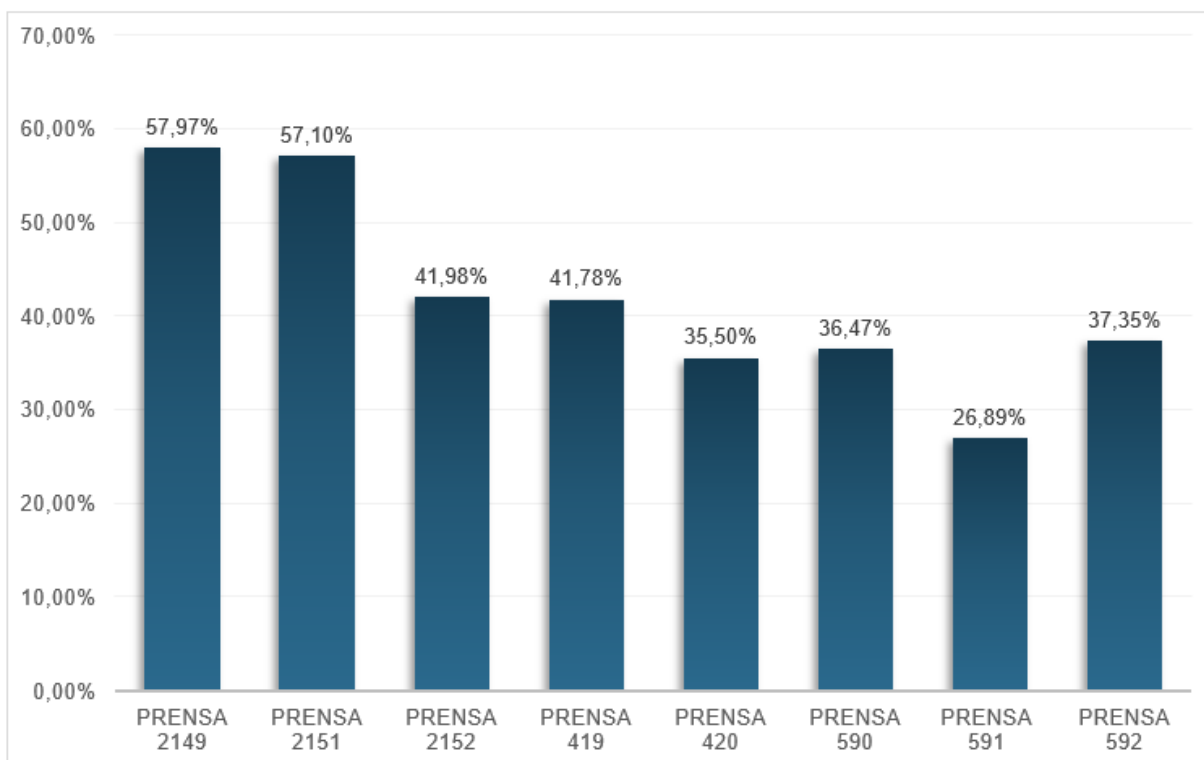
No início do presente estudo, o setor contava com 138 estampos, 8 prensas para estampagem e conformação mecânica e 400 produtos. O valor elevado de produtos e estampos comparado com a baixa quantidade de equipamentos gera uma alta quantidade de *setups*.

A fim de evitar momentos pontuais de alta e baixa eficiência do setor, para iniciar o estudo é realizado um acompanhamento diário ao longo de todos os dias úteis do mês de dezembro de 2021, e definir a OEE médio do setor para o mês.

A Figura 8 apresenta o OEE acumulado por máquina durante dezembro, assim é possível obter o valor médio acumulado para o setor de 41,88%. Note que este valor se encontra muito distante de OEE de classe mundial de 85%, entretanto a

empresa planeja realizar a implementação da manufatura enxuta no setor em fases, e dessa maneira alcançar uma eficiência próxima à citada.

**Figura 8 – OEE acumulado de dezembro para Estamparia.**



Fonte: Autor (2022)

### 3.2.3 Identificação das Perdas e Pontos de Melhoria

Em uma primeira análise no setor, é realizada uma inspeção visual para identificação dos fatores que demandam pouco ou nenhum investimento para serem corrigidos e que agreguem algum valor para o setor. Em grande parte, o setor necessita de uma melhor organização e disposição dos produtos acabados, limpeza e reparação em pontos de iluminação.

A Figura 9 apresenta os materiais descartados de maneira incorreta, misturado com os produtos acabados, o que gera um forte senso de desorganização e dificulta a identificação das peças. As caixas desorganizadas apresentadas na Figura 10, dificultam a localização e separação das peças prontas para o envio das peças que precisarão passar por alguma espécie de retrabalho. E ainda, nota-se que as caixas muitas vezes obstruem o caminho para locomoção do carrinho de transporte dos estampos.

**Figura 9 – Luvas descartadas junto com produtos acabados.**



Fonte: Autor (2022)

**Figura 10 – Caixas desorganizadas e misturadas.**



Fonte: Autor (2022)

Outro fator evidenciado, é o fato de os parafusos e porcas que compõem as presilhas de fixação estarem fora de padrão, sendo necessária a utilização de diversas chaves distintas para completar a fixação das ferramentas (conforme fotos das Figura 11 e Fonte: Autor (2022)

Figura 12). O operador muitas vezes não possui todas as chaves próximo a sua máquina, e desta maneira ocorre grande desperdício de tempo em deslocamento



em busca das chaves corretas. Além do fato, de que foi observado a utilização de braços de alavanca improvisados para aumentar o torque podendo causar acidentes.

**Figura 11 – Chaves não padronizadas.**



Fonte: Autor (2022)

**Figura 12 – Porcas não padronizadas.**



Fonte: Autor (2022)

A fim de melhor identificar os problemas do cotidiano do setor, são realizados debates com os operadores buscando constatar, através da visão deles, quais os

maiores motivos da baixa eficiência do setor e possíveis pontos de melhoria. As informações coletadas são condensadas e apresentadas no Quadro 5.

**Quadro 5 – Pontos de melhorias segundo operadores.**

Pontos de Melhoria	Votos
Estrutura (carrinho hidráulico, ferramentas, paralelo presilhas e calhas)	6
Condições do estampos	5
Organização do setor	4
Condições das máquinas	3
Grande quantidade de matéria prima espalhada	2
Garra e paralelo deficientes	2
Falta chaves e ferramentas em todas as máquinas	2
Produto pronto no chão próximo as máquinas	1
Piso ruim	1
Falta supervisor no setor	1
Porcas das presilhas de tamanhos diferentes	1
Falta de identificação dos estampos	1
Estampo muito pesado para fazer <i>setup</i> sozinho	1
Informação não chega para os operadores	1
Identificação da posição no estampo na máquina	1
Falta de informação nas trocas de turno	1
Falta de treinamento	1
Condições da matéria prima	1
Alimentador ruim	1
Ergonomia para levantar as caixas cheias	1
Falta das grades de proteção	1
Iluminação no estampo	1
Falta de paquímetro	1

Fonte: Autor (2022)

Após realizada a análise inicial, percebe-se que os fatores de maior impacto no OEE estão vinculados ao elevado tempo de *setup*, condição das ferramentas e máquinas e falta de uma comunicação clara partindo dos setores gerenciais para os



operacionais. Fatores estes que, segundo Ohno (1997), são grandes fontes de desperdícios e devem ser evitados a todo custo quando se busca uma implementação da ME.

Como citado anteriormente, o presente estudo tem como foco eliminar as principais perdas relacionadas aos problemas de *setup* e equipamentos. Dessa maneira, as seções a seguir apresentam as implementações propostas referente ao TRF e TPM respectivamente.

### 3.2.4 Aplicação da Metodologia da TRF

O atual processo de *setup* da empresa se inicia pelas manhãs com as ordens de produção e sequenciamento enviados pelo setor de Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) para o líder do setor, e este repassa qual estampo deve entrar em qual máquina para os operadores.

No estágio preliminar, para se obter os parâmetros iniciais de tempos relacionados ao *setup* é realizada uma entrevista com o líder do setor da Estamparia onde são levantadas todas as operações sequenciadas do *setup* assim como os tempos médios aproximados de cada uma delas. Para a análise inicial é considerado tempos médios visto a grande quantidade de ferramentas e máquinas com características ligeiramente distintas, o que gera variação dos tempos entre cada máquina e cada ferramenta. As informações iniciais podem ser observadas na Tabela 1, onde os tempos expostos encontram-se em minutos.

Tabela 1 – Parâmetros iniciais da TRF

Sequência	Atividade	Tempo Médio (min)
1	Incluir dados no coletor	2
2	Buscar instrução de trabalho	2
3	Cortar bobina e retirar matéria prima da máquina	9
4	Colocar bobina na máquina	5
5	Passagem da tira	6
6	Soltar porcas das presilhas	2
7	Buscar o carrinho para o tambor de sucata	4
8	Levar o tambor de sucata para o local de descarte	3
9	Buscar o carrinho hidráulico	2
10	Levar o estampo anterior e buscar o novo estampo	4
11	Apertar os parafusos	5
12	Ajustar a altura do martelo	4
13	Ajustar o alimentador	17
14	Ajuste do bico de ar comprimido	5
15	Medição e preenchimento da ficha de operação	20
<b>Tempo Médio Total de Setup</b>		<b>90</b>

Fonte: Autor (2022)

Uma das reclamações dos operadores é a falta de comunicação clara, uma vez que os *setups* só se iniciam após o líder do setor repassar as informações do PPCP. Em algumas situações os operadores não são devidamente informados de quanto deve ser produzido de cada produto, impossibilitando que alguma atividade seja adiantada antes da finalização da produção. E ainda, em algumas ocasiões o líder não se encontra no setor para repassar as informações e as máquinas ficam paradas aguardando até o seu retorno.

Esses fatos geram altos índices de ociosidade e podem aumentar o tempo de *setup*, visto que não existe uma separação clara entre *setup* interno e externo uma vez que o operador da máquina é responsável por todas as atividades do *setup* e estas ocorrem sempre com a máquina parada.

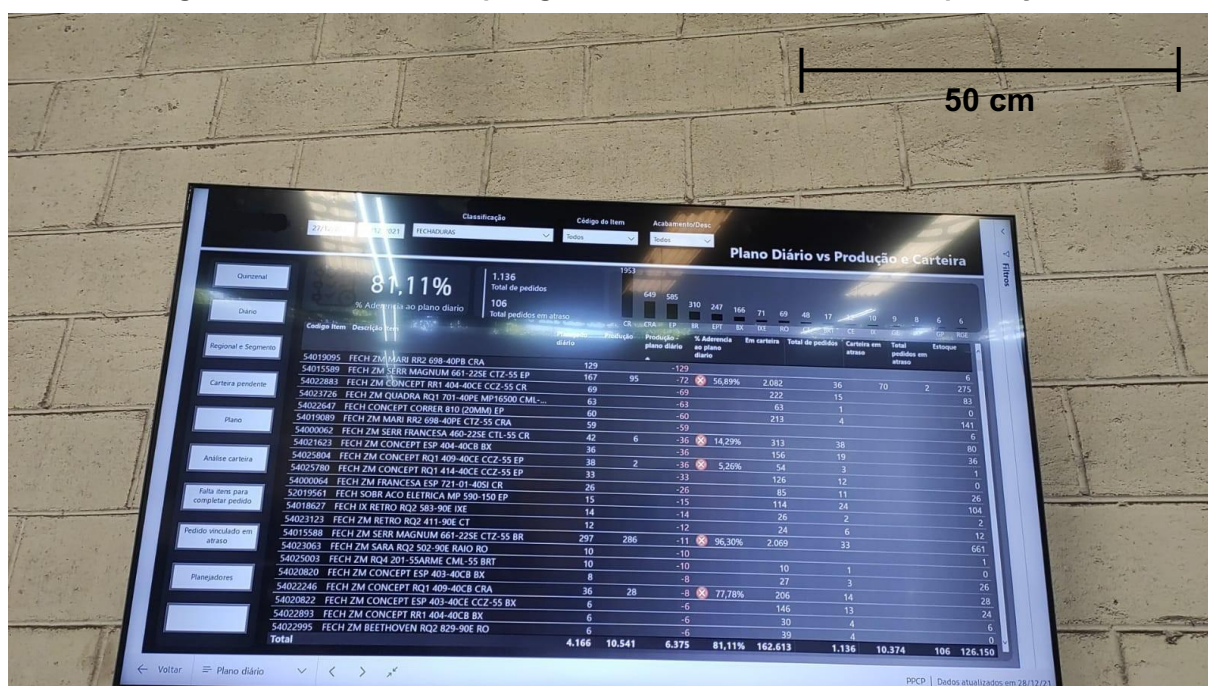
Outro fator que pode ser apontado, é que o setor por se encontrar mal organizado tornava difícil a locomoção com carrinho hidráulico entre as máquinas, sendo necessário desviar de caixas de produtos e de cavaco, e isso elevava o tempo para buscar os estampos nas prateleiras.

O presente estudo propôs a utilização de um preparador de máquinas, cuja função é atuar como facilitador. Uma vez que o setor não possui uma separação clara entre *setup* interno e externo, no primeiro estágio conceitual de aplicação da TRF é realizada a separação das atividades e transfere-se para o preparador todas as atividades referentes ao *setup* externo e ainda atribui a ele a responsabilidade de

auxiliar, quando necessário, em atividades do *setup* interno. Este facilitador, quando não acionado, deve auxiliar o líder do setor a manter o local organizado e limpo.

Buscando uma melhor fluidez da informação, é instalado no setor um televisor com as informações em tempo real das ordens de produção do dia e conseqüentemente a produção que precisa ser atingida, utilizando-se de monitores distribuídos pela planta de produção conforme a foto da Figura 13. As informações são atualizadas pelo PPCP utilizando-se do Microsoft Power BI®, e são transmitidas para todos os operadores. Desta maneira, é possível visualizar quanto da produção ainda está pendente e momentos antes de finalizar o lote, o preparador facilitador pode iniciar os preparativos para realização do *setup*.

Figura 13 – Monitor de 50 polegadas contendo indicadores da produção.



Fonte: Autor (2022)

### 3.2.5 Aplicação da Metodologia do TPM

O principal objetivo deste estudo no que se refere à implementação de conceitos do TPM é reduzir o tempo das paradas não planejadas do setor. Buscando evitar ao máximo o caso de estampos quebrados que afetam toda a cadeia produtiva e sobrecarregam a Ferramentaria.

Dessa maneira, a primeira ação é mapear quais os estampos mais críticos com maiores incidência de manutenção corretiva e ainda determinar, nestes casos, quais as manutenções foram realizadas.

Essas informações são cruciais para a elaboração de uma estratégia de manutenção preventiva, e a partir delas o setor de Ferramentaria pode se preparar produzindo peças reservas para os componentes críticos. Por consequência é possível reduzir o impacto gerado no setor e ainda diminuir consideravelmente o tempo de manutenção necessária para o estampo. Em casos onde a quebra não pode ser evitada, a manutenção deve ser realizada no menor tempo possível para não impactar na produção. Mas, estas situações devem ser consideradas exceções, e o setor deve buscar a “quebra zero”.

Além das manutenções preventivas, em alguns casos, será necessária a construção de estampos reservas ou a substituição de estampos que se encontram no final de sua vida útil. Note que se trata de uma tomada de decisão estratégica para a empresa, visto que o custo de construção de uma ferramenta nova é elevado. Isto posto, é necessário a participação do PPCP para definição da curva ABC de produtos, ou seja, em uma carteira altamente diversificada é importante que os produtos com maiores demandas, ditos curva A, estejam com suas ferramentas completamente operacionais. Caso contrário, o impacto gerado no fluxo de valor da empresa é substancial e altamente negativo.

Assim, juntamente com o PPCP, é visto quais estampos do banco de dados que necessitam maior investimento e quais podem aguardar momentos mais oportunos. Será dada prioridade para a construção de ferramentas e também de metodologias que se encontram simultaneamente em um estado precário de utilização e que produz produtos da curva A.

A coleta dos dados é feita, a princípio, através de uma ficha de acompanhamento apresentada no Apêndice A, à qual é entregue aos ferramenteiros dedicados à Estamparia na segunda-feira às 7 horas da manhã. Eles são responsáveis por anotar todas as manutenções realizadas sejam elas corretivas ou preventivas, registrar todas as peças trocadas e indicar qual ferramenta esse trabalho foi realizado ao longo da semana. Na semana seguinte, no mesmo dia e horário, as fichas preenchidas são recolhidas e os dados registrados em planilhas, e o processo se repete ao longo de todo o período do estudo.

Para a manutenção autônoma, inicialmente, é realizada uma reunião com o departamento de Manutenção da empresa para levantar as informações importantes referente às prensas e determinar quais componentes deverão ser analisados e com qual frequência. Juntamente com o Supervisor de Manutenção da empresa é padronizado a maneira que deve ser realizada a inspeção e limpeza das máquinas a fim de ser realizada da maneira mais eficiente e segura possível.

Dessa maneira, foi elaborado um breve *check list* para que os operadores possam seguir de acordo com o Quadro 6.

**Quadro 6 – *Check list* manutenção autônoma.**

<b>Ordem</b>	<b>Passos</b>	<b>Atividade</b>	<b>Frequência</b>
<b>1</b>	Limpeza inicial	Limpeza de todo cavaco e sujeira da mesa e do chão ao redor.	A cada <i>setup</i> de ferramenta
<b>2</b>	Inspeção Específica	Inspeccionar nível de óleo hidráulico; Inspeccionar ar comprimido; Inspeccionar alimentador; Inspeccionar desbobinador; Inspeccionar Coletor MES;	Início de cada turno
<b>3</b>	Inspeção Geral	Inspeção em torno do equipamento, buscando identificar qualquer anomalia.	Início de cada turno

**Fonte: Autor (2022)**

Com o *check list* elaborado, foi organizado uma série de treinamentos com os colaboradores para o completo entendimento do funcionamento das prensas e apresentando os possíveis defeitos que estes equipamentos podem apresentar. Assim como foi apresentado o correto funcionamento dos equipamentos periféricos à prensa e demonstrado a maneira de realizar a leitura dos níveis de óleo. Os operadores são orientados a informar imediatamente ao líder do setor caso qualquer

divergência nos equipamentos apareça, e este por sua vez é responsável por verificar a criticidade das divergências e reportar para o setor da Manutenção caso necessário.

Com as manutenções autônomas, espera-se identificar as falhas nos equipamentos em estágios iniciais, manter o equipamento limpo e organizado e principalmente criar senso de autogestão nos operadores uma vez que se tornam responsáveis pelo estado de operação de suas prensas.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos com as diferentes filosofias aplicadas, onde inicialmente as melhorias realizadas no setor são expostas antes do início da implementação. Posteriormente, são apresentados os resultados de cada prática da manufatura enxuta e a consequente melhoria da eficiência.

### **4.1 Melhorias no Ambiente de Trabalho**

Esta seção busca apresentar as melhorias realizadas no setor antes que as práticas propostas fossem implementadas. Essas ações são necessárias visto que o setor mal organizado afeta diretamente no senso de autogestão dos colaboradores e na agilidade do fluxo do processo da Estamparia.

Juntamente com os colaboradores foi realizada uma limpeza geral no setor, descartando todo o lixo em locais apropriados. E distribuídos ao longo das máquinas paletes de três cores diferentes sendo eles:

- Azul: para produtos conformes e liberados para envio;
- Amarelo: para produtos que precisarão sofrer retrabalho antes de enviar;
- Vermelho: para produtos divergentes sem recuperação, que serão encaminhados para a sucata.

A Figura 14 apresenta um exemplo da melhoria implementada, onde os produtos produzidos precisarão passar por algum retrabalho ou processamento antes que sejam apontados no sistema e enviados para o centro de distribuição. Assim, o colaborador responsável pelos apontamentos se torna ciente de que aqueles produtos não podem ser enviados ainda, agilizando o processo e organização do setor.

**Figura 14 – Peças aguardando retrabalho.**



**Fonte: Autor (2022)**

A fim de padronizar as ferramentas de trabalho, foi realizada a troca dos parafusos e porcas das máquinas para uma medida única para todos os equipamentos. Assim, é possível utilizar uma única chave padronizada para realização do *setup*, gerando maior praticidade e reduzindo o tempo de *setup*.

A Figura 15 apresenta o conjunto parafuso padronizado utilizado para fixação das máquinas. Anteriormente, cada máquina possuía até três tipos de parafusos diferentes, com porcas diferentes entre si. A padronização se mostra essencial neste cenário visto que é um meio rápido e fácil de reduzir o tempo de *setup* das ferramentas, possibilitando a fixação das quatro presilhas com uma única chave.



**Figura 15 – Conjunto parafuso padronizado de 30cm.**



**Fonte: Autor (2022)**

Enquanto a Figura 16 apresenta a chave padronizada com braço de alavanca alongado para aumento do torque e maior segurança dos colaboradores. Ao realizar uma análise no setor, percebia-se que ao realizar o aperto das presilhas, alguns colaboradores utilizavam-se de tubos de aço improvisados para alongar a chave de boca, para gerar um maior braço de alavanca e conseqüentemente um maior torque. Entretanto, em conversa com os colaboradores, estes relataram que em algumas ocasiões essa improvisação gerou acidentes devido a facilidade do tubo em escapar da chave de boca. Desta maneira, uma chave específica para este processo é elaborada para substituir a improvisação, gerando maior segurança e praticidade para os operadores.



**Figura 16 – Chave estrela com manipulador alongado de 70cm.**



**Fonte: Autor (2022)**

Na fase de análise dos pontos de melhoria, os colaboradores levantaram a necessidade de melhorar a iluminação do setor, tendo em vista que algumas das lâmpadas encontravam-se queimadas. Assim, o setor de Manutenção Elétrica realizou a troca dos componentes queimados, e o setor de Segurança do Trabalho utilizando-se de um luxímetro, verificou que a luminosidade do setor atendia condições ergonômicas satisfatórias.

#### **4.2 Resultados obtidos com a TRF**

No que se refere aos obstáculos relacionados a implementação da TRF, a literatura apresenta diversos fatores como a falta de interesse dos colaboradores, resistência à mudança e dificuldade em identificar potenciais de melhorias (PATEL; DALE; SHAW, 2001).

Outro obstáculo identificado no presente estudo, é o número reduzido de colaboradores no setor, principalmente de mão de obra qualificada. O ponto chave da implementação da TRF neste estudo é a utilização de um preparador-facilitador nos *setups*, assim é necessário capacitar um dos atuais colaboradores para esta função e

em momentos que não estiver realizando tarefas relacionadas ao *setup* ele realizará tarefas de suporte, como: retrabalho de peças, suporte ao apontador e auxiliar na organização e manutenção da limpeza do setor.

Com essa pessoa definida, é importante motivar os times de trabalho para que a implementação não se perca no processo. Para isso, é realizado um treinamento onde o foco é apresentar o que é a metodologia, os principais ganhos obtidos com a sua implementação e o que se espera de cada um. Neste momento é crucial a troca de informações com os operadores e principalmente, permitir que eles se expressem e deem opiniões e ideias de melhorias a fim de fortalecer o engajamento e garantir a continuidade da implementação.

Inicialmente é realizado uma análise dos tempos obtidos na Tabela 1, e nota-se que para retirar o estampo da máquina o operador leva 5 minutos apenas para buscar o carrinho hidráulico, e muitas vezes, este encontra-se ocupado elevando drasticamente o tempo de *setup*. Devido à elevada quantidade de troca de ferramentas realizada no setor da Estamparia, verifica-se que o carrinho hidráulico é um fator de gargalo e, portanto, se torna indispensável adquirir mais um para suprir a demanda, como pode-se observar na Figura 17.

**Figura 17 – Carrinho hidráulico novo.**



**Fonte: Autor (2022)**

Após fornecido os meios necessários para redução do *setup*, a primeira etapa da implementação é identificar as operações do *setup* interno do externo, e é importante ressaltar que o cenário atual, o operador da prensa realizava todas as atividades referentes ao *setup* e assim todas as operações são internas, ou seja, realizadas com a máquina parada desperdiçando tempo de produção.

Eliminar o desperdício é essencial para a implementação de uma filosofia de ME, ainda mais em um setor com uma quantidade elevada de troca de ferramentas. A máquina parada representa uma queda no OEE, desperdício de mão de obra, desperdício de energia elétrica e afeta diretamente a produção do produto seguinte ao *setup*, gerando impactos em todos os produtos seguintes assemelhando-se à um efeito de bola de neve.

A segunda etapa da implementação é a separação das operações internas e externas de *setup*, buscando sempre realizar a maior quantidade de operações possíveis externamente reduzindo ao máximo o tempo que a máquina se encontra parada. Nesta etapa, percebe-se o maior ganho com a implementação da TRF visto que com o auxílio do preparador-facilitador, grande parte das operações podem ser realizadas enquanto a máquina ainda está em funcionamento. Com a discriminação das atividades para cada tipo de *setup* associado ao responsável pela atividade, obteve-se a Tabela 2 abaixo.

**Tabela 2 – Primeiro estágio conceitual da TRF. (Continua)**

<b>Sequência</b>	<b>Atividade</b>	<b>Responsável</b>	<b>Setup</b>	<b>Tempo Médio (min)</b>
1	Incluir dados no coletor	Operador	Interno	2
2	Buscar instrução de trabalho	Preparador	Externo	2
3	Cortar bobina e retirar matéria prima da máquina	Preparador	Externo	9
4	Colocar bobina na máquina	Preparador	Externo	5
5	Passagem da tira	Operador	Interno	6
6	Soltar porcas das presilhas	Operador	Interno	2
7	Buscar o carrinho para o tambor de sucata	Preparador	Externo	4
8	Levar o tambor de sucata para o local de descarte	Preparador	Externo	3
9	Buscar o carrinho hidráulico	Preparador	Externo	2
10	Levar o estampo anterior e buscar o novo estampo	Preparador	Externo	4
11	Apertar os parafusos	Operador	Interno	5
12	Ajustar a altura do martelo	Operador	Interno	4
13	Ajustar o alimentador	Operador	Interno	17
14	Ajuste do bico de ar comprimido	Operador	Interno	5

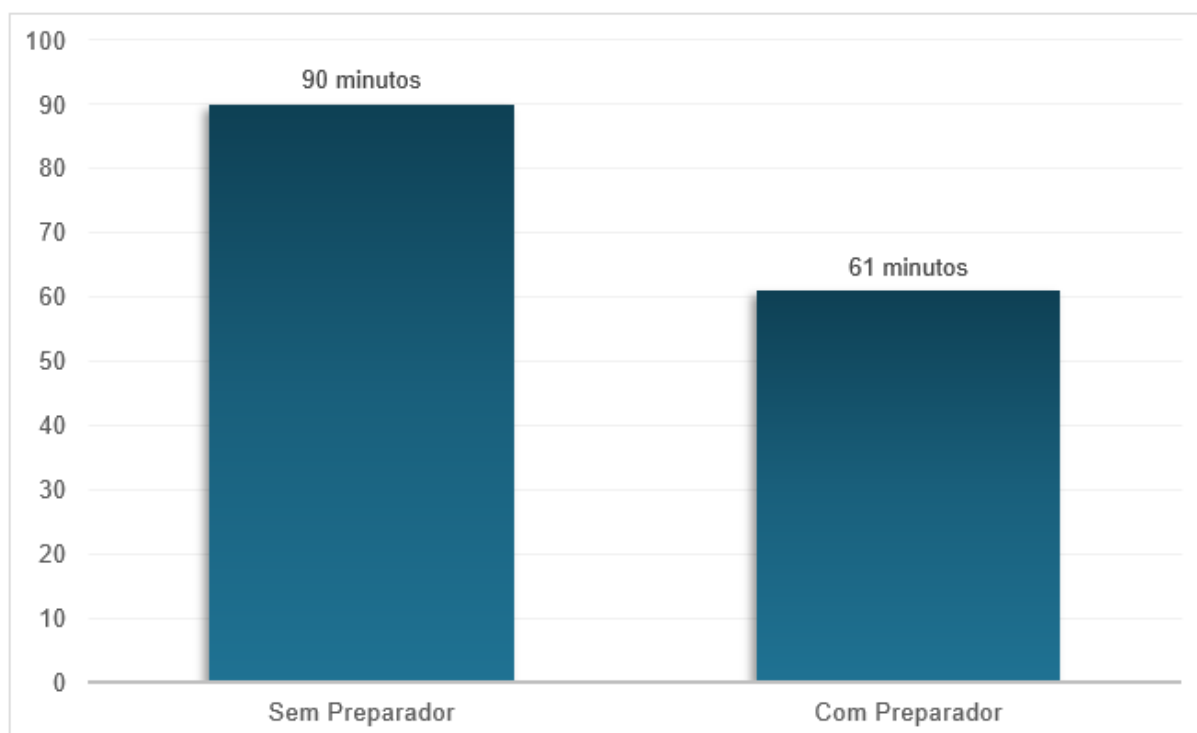
Tabela 2 – Primeiro estágio conceitual da TRF. (Conclusão)

Sequência	Atividade	Responsável	Setup	Tempo Médio (min)
15	Medição e preenchimento da ficha de operação	Operador	Interno	20
<b>Tempo Médio Total de Setup</b>				<b>90</b>

Fonte: Autor (2022)

Lembrando que *setup* pode ser definido como o tempo transcorrido para que todas as tarefas necessárias referentes à troca da ferramenta ocorram, temos que o preparador inicia as operações do *setup* externo antes que o lote termine e assim temos uma redução de máquina parada de 32,22%.

Figura 18 – Tempo de máquina parada antes e depois do preparador.



Fonte: Autor (2022)

A Figura 18 apresenta o tempo médio gasto com o *setup* antes e depois da implementação do preparador-facilitador no setor da Estamparia. Este colaborador executa 46,67% das atividades que antes eram realizadas pelo próprio operador, e representa uma redução de média de 29 minutos de máquina parada.

Salienta-se que isso só é possível com um fluxo rápido e direto das informações, a programação por parte do PPCP deve estar disponível para os colaboradores da Estamparia para que os operadores possam sinalizar ao preparador-facilitador que a produção está próxima do fim e, assim, este pode iniciar

os preparativos do *setup*. Qualquer alteração no planejamento da produção que afete o setor deve ser transmitida o mais rápido possível para que a máquina e os estampas sejam preparados.

Segundo Moraes, Ribeiro e Santos (2020), a produtividade, ou OEE, está diretamente relacionada com um bom aproveitamento do tempo disponível para produção. Desta maneira, quanto menor o tempo de *setup* maior será a produtividade das prensas, possibilitando assim uma melhor visão do processo no que se refere à capacidade e demanda do setor. Este melhor aproveitamento do tempo, por sua vez, reflete em melhores entregas aos clientes internos e externos, tornando a cadeia produtiva mais enxuta.

### **4.3 Resultados obtidos com o TPM**

Para todas as etapas do TPM propostas neste trabalho, o foco está centrado no colaborador. E a razão para tal, é que para uma coleta de informações sem resíduos indesejados os colaboradores devem estar bem capacitados para detectar os motivos das manutenções corretivas das ferramentas e ainda, a informações entre chão de fábrica, Ferramentaria, Engenharia e Manutenção devem fluir de maneira rápida e clara.

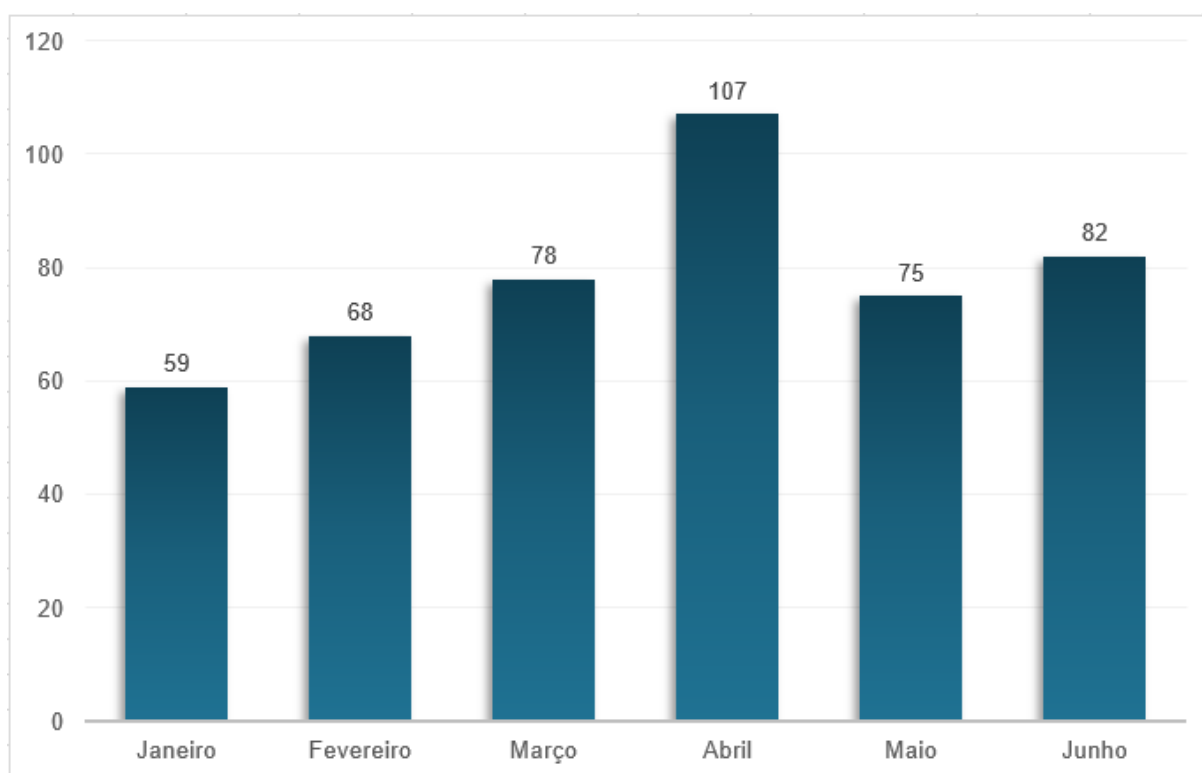
A tabela disposta no Apêndice A, deve ser completamente preenchida pelos ferramenteiros de maneira clara e objetiva. Esses dados serão analisados em conjunto com os dados obtidos do MES, para validação e estruturação das ferramentas mais críticas.

Em suma, a lista de ferramentas críticas é gerada pela combinação de informações a seguir:

- 1) Coleta de informações fornecidas pelos ferramenteiros;
- 2) Coleta de informações de máquinas paradas fornecidos pelo MES, onde a ferramenta e o produto aparecem comparados com a quantidade de horas disponíveis;
- 3) Coleta de informações do líder do setor, buscando abranger as ferramentas que possam passar despercebidas nas etapas anteriores.

A partir da coleta de informações das fichas preenchidas dos ferramenteiros, é obtido um banco de dados com 494 manutenções apontadas no período. Nota-se uma relação direta do número total de manutenções realizadas com a oscilação da demanda do período. Janeiro se mostrou um período de baixa demanda reflexo do final do ano. De fevereiro à abril, a empresa apresentou um período de recuperação e aumento de vendas e como consequência o aumento da demanda elevou a quantidade de manutenções realizadas, seguido por uma queda brusca da demanda. (Figura 19).

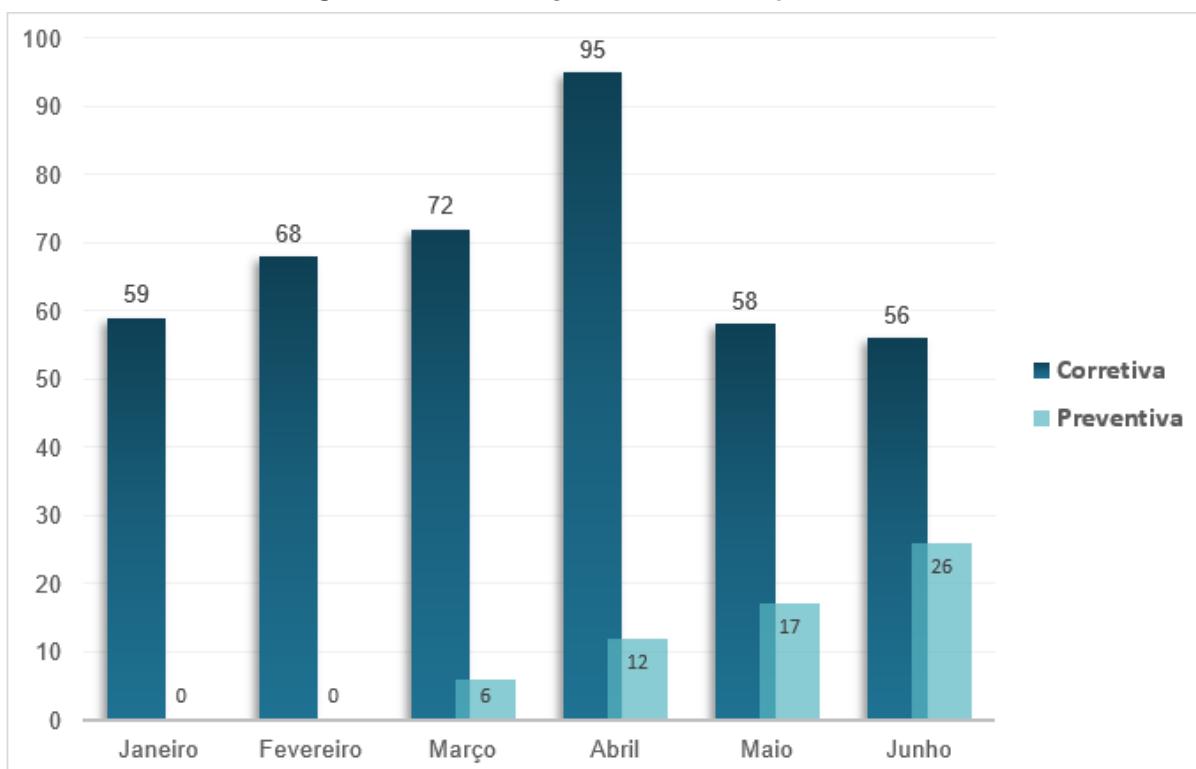
**Figura 19 – Manutenções totais no período.**



**Fonte: Autor (2022)**

Outro fator que merece ser destacado é o aumento da quantidade de manutenções preventivas no estampo após o planejamento e alinhamento com a Ferramentaria da importância dessa prática para o aumento da vida útil das ferramentas, e que tem como consequência direta a minimização das quebras durante a produção (Figura 20).

**Figura 20 – Manutenções corretivas e preventivas**



Fonte: Autor (2022)

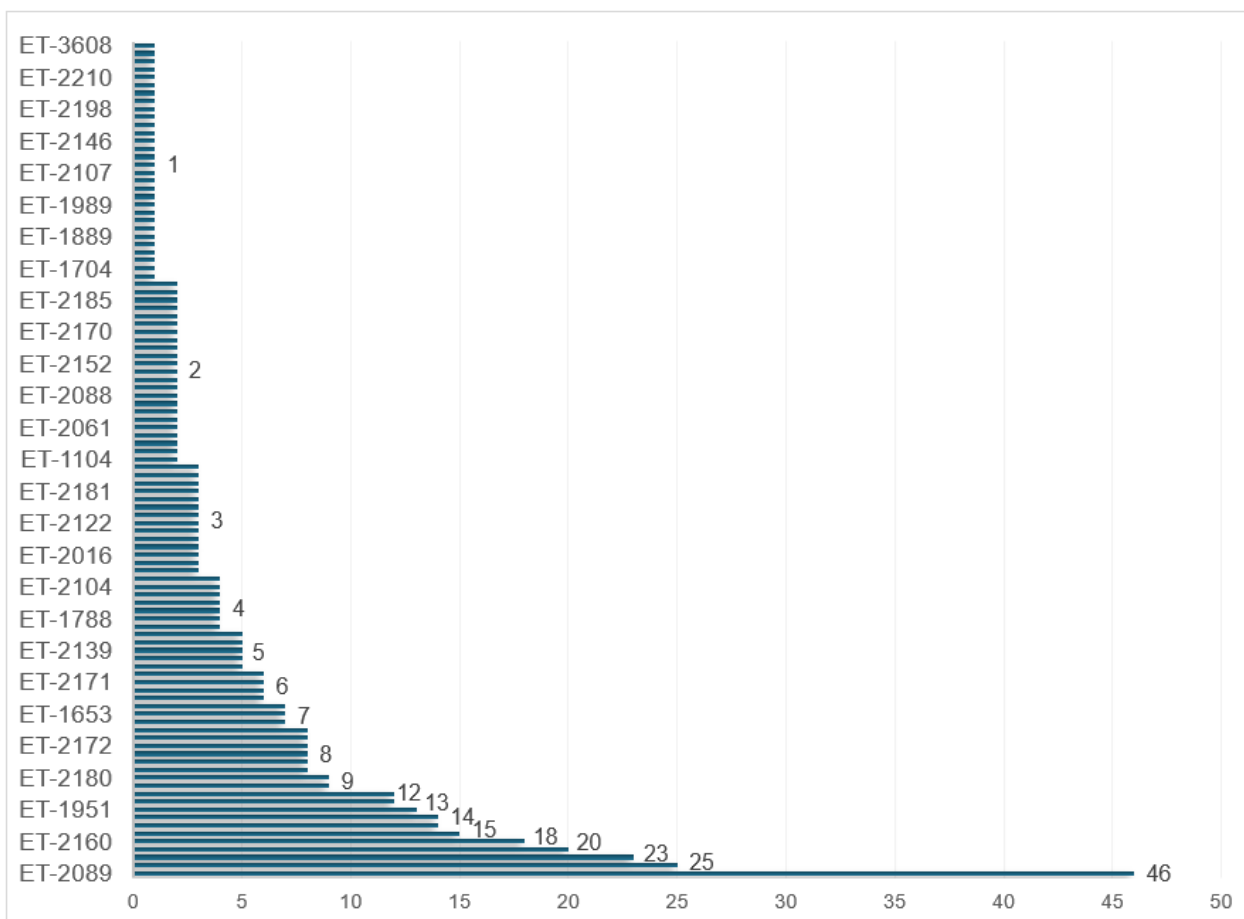
O início das manutenções preventivas só foi possível após a contratação de um ferramenteiro auxiliar no posto avançado da Ferramentaria na Estamparia. Dessa forma, os meses de janeiro e fevereiro serviram de planejamento e alinhamento enquanto a contratação não era finalizada. O mês de abril, apresentou uma alta quantidade de manutenções no geral, e apesar da alta demanda que os ferramenteiros se encontravam, é possível observar que a tendência de alta das manutenções preventivas se manteve.

A quantidade de manutenções preventivas está longe da quantidade ideal, entretanto está na direção correta. Acredita-se que a partir de um planejamento bem elaborado seguido de um plano de ação para realização das manutenções preventivas este número tende a melhorar.

A Figura 21 apresenta os apontamentos realizados pelos ferramenteiros, acerca das ferramentas que sofreram manutenções no período e a quantidade de manutenções realizadas. Cada ferramenta é representada por um código, e o produto produzido por elas permanecerá oculto devido ao sigilo industrial. Observa-se que a ferramenta com maior quantidade de manutenções é o ET-2089 e esta ferramenta

trata-se de uma das ferramentas de maior demanda, onde é utilizada ao menos 4 dias da semana ininterruptamente.

**Figura 21 – Quantidade de manutenções por ferramenta.**



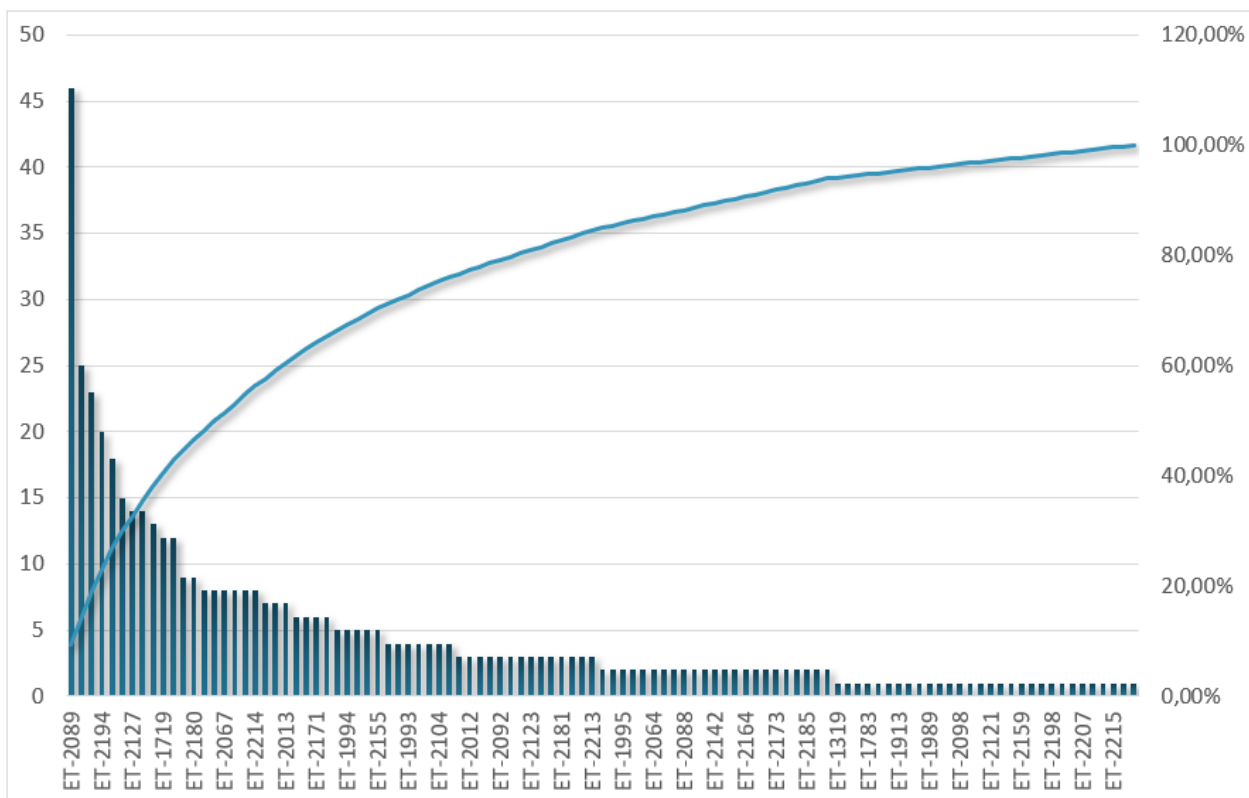
**Fonte: Autor (2022)**

Ao longo do período, 105 ferramentas sofreram manutenções apontadas e devido ao elevado número de estampos é necessário aplicar uma ferramenta para análise dos dados de maneira coesa e coerente afim de direcionar a tomada de decisão. Na literatura existem diversas ferramentas da Gestão da Qualidade as quais buscam auxiliar este direcionamento, onde podemos citar o Diagrama de Pareto.

Segundo Fonseca (2018), o Diagrama de Pareto é uma ferramenta desenvolvida por Vilfredo Pareto no século XIX, que se utiliza de uma representação gráfica para definir as prioridades de resolução de problemas (80% - 20%), ou seja, 20% dos problemas estão impactando 80% dos resultados.



Figura 22 – Diagrama de Pareto das ferramentas.



Fonte: Autor (2022)

Tabela 3 – Construção do Diagrama de Pareto – Apontamentos.

Ferramenta	Quantidade	Acumulado (%)
ET-2089	46	9,91%
ET-2194	25	14,37%
ET-2070	23	19,03%
ET-2194	20	23,08%
ET-2160	18	26,72%
ET-2147	15	29,76%
ET-2127	14	32,59%
.	.	.
.	.	.
.	.	.
ET-2210	1	99,19%
ET-2211	1	99,39%
ET-2215	1	99,60%
ET-2798	1	99,80%
ET-3608	1	100%
<b>TOTAL</b>	<b>494</b>	

Fonte: Autor (2022)

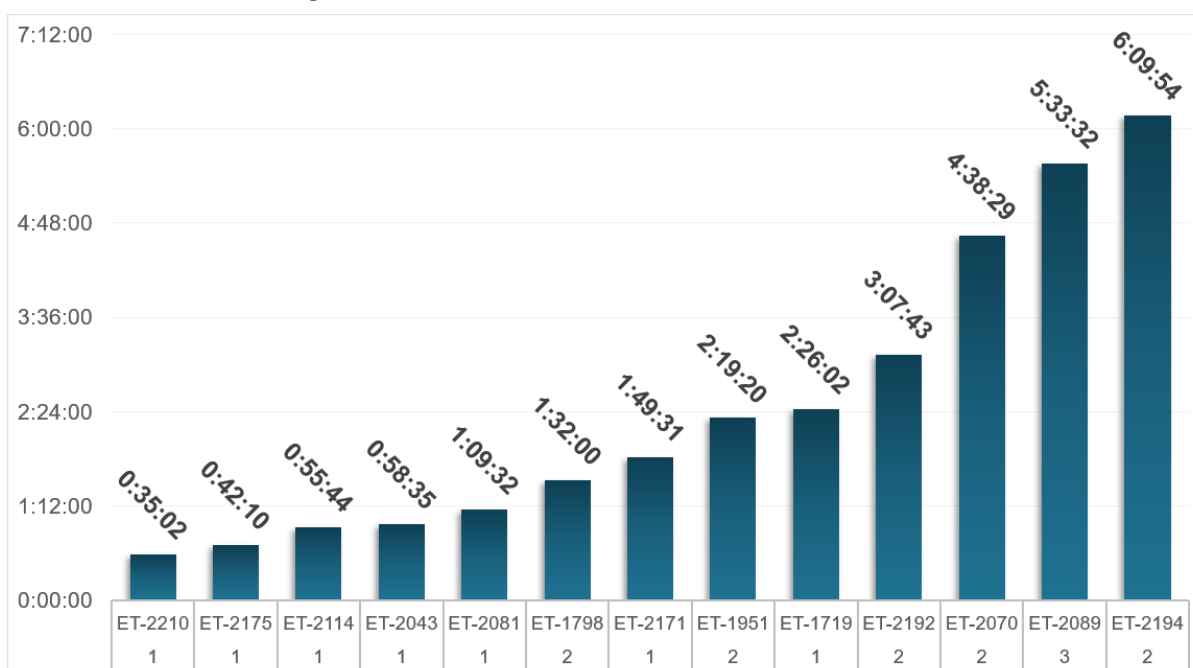
A partir da análise do Pareto da Figura 22, chega-se à conclusão que os melhores resultados serão obtidos se as atenções se concentrarem sobre as ferramentas ET-2089, ET-2192, ET-2070 e ET-2194.

A fim de validar os dados apresentados pelos ferramenteiros, é realizada uma análise dos tempos de máquinas paradas fornecido pelo MES. Essa análise, busca além da validação uma complementação dos dados preenchidos no chão de fábrica, isso porque ela leva em consideração o tempo em que cada ferramenta ficou inoperante enquanto estava em máquina.

Em outras palavras, os dados fornecidos pelos ferramenteiros geram um banco de dados acerca da quantidade de manutenções no período de cada ferramenta assim como as ferramentas com maiores números de manutenções realizadas, ao passo que a segunda análise considera as ferramentas com maior número de horas paradas.

Importante ressaltar, que os dados obtidos pelo MES são computados apenas a partir do mês de abril, devido à problemas no *software* que tornavam os dados anteriores ao mês citado, não confiáveis. Os gráficos a seguir, consideram as horas de máquina parada devido a manutenções e ainda, afim de sintetizar o estudo, são considerados apenas as maiores incidências no mês.

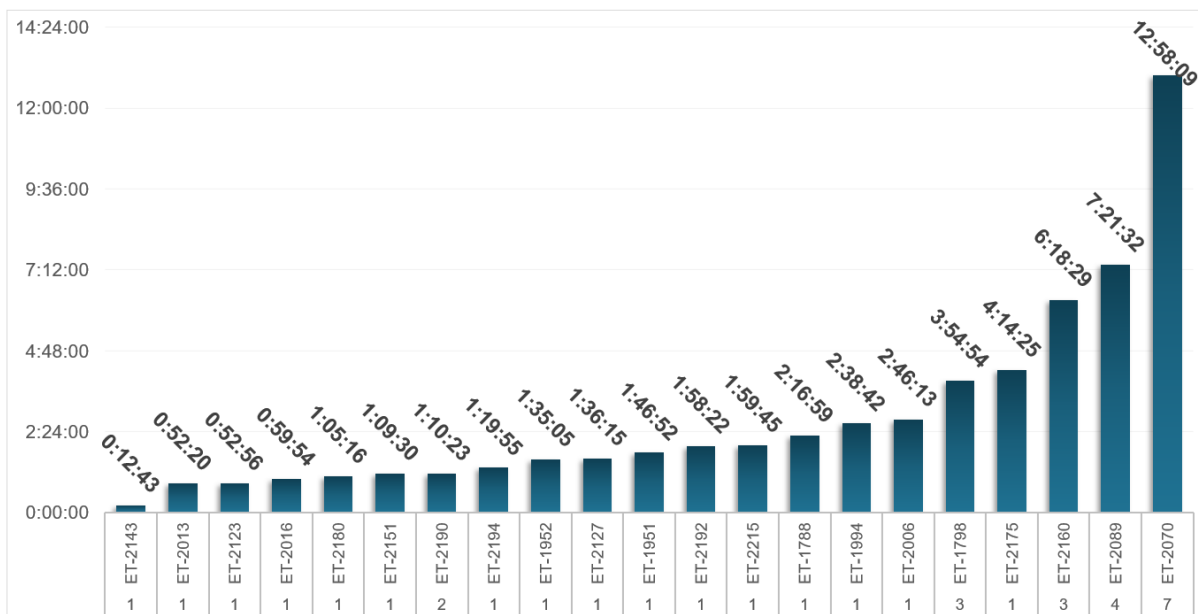
**Figura 23 – Abril: Ferramenta x Horas x Ocorrência.**



Fonte: Autor (2022)

A Figura 23 apresenta a quantidade de manutenções no mês de maio de cada ferramenta na região inferior do gráfico e as barras representam as horas acumuladas de máquina parada aguardando a manutenção. E nota-se que as quatro maiores ocorrências do mês coincidem com as quatro maiores ocorrências apontadas pelos ferramenteiros ao longo de todo o período de análise.

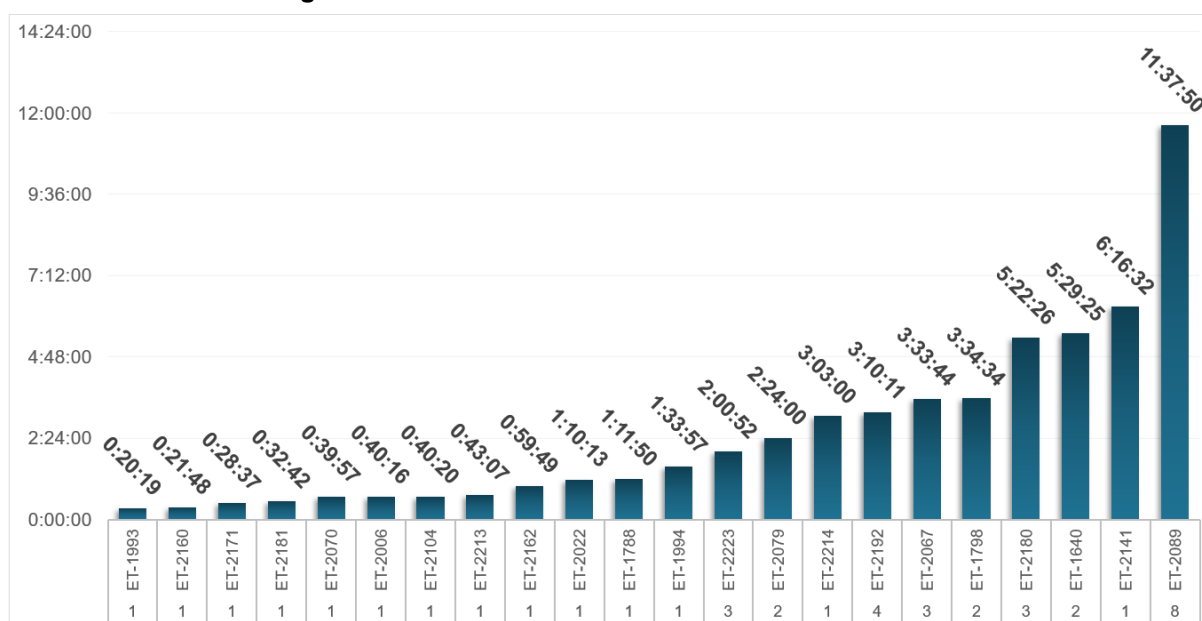
**Figura 24 – Maio: Ferramenta x Horas x Ocorrência.**



Fonte: Autor (2022)

O mês de maio por sua vez (Figura 24), apresentou a ferramenta ET-2175 entre as maiores ocorrências, entretanto, o componente produzido por este ferramental é de baixa demanda e apesar da quantidade elevada de horas paradas para manutenção no estampo, o problema em questão é pontual e não crítico.

**Figura 25 – Junho: Ferramenta x Horas x Ocorrência.**



Fonte: Autor (2022)

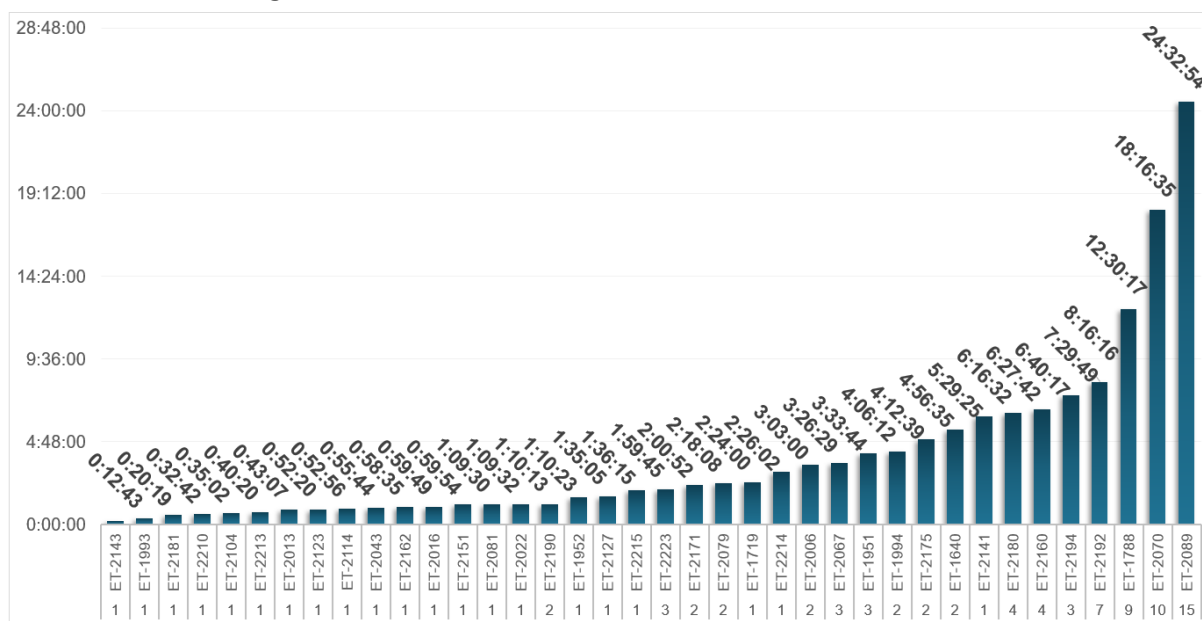
Conforme pode-se observar na Figura 25, a ferramenta ET-2089 permanece entre as ferramentas de maior incidência. Entretanto, observa-se uma redução de 94,83% das horas manutenção da ferramenta ET-2070 e isso é reflexo, dentre outras variáveis, do início das manutenções preventivas.

Importante ressaltar, que diversos fatores levam para a redução da frequência de manutenção das ferramentas, um dos fatores conforme citado anteriormente, é a manutenção preventiva dos estampos. Mas é importante ressaltar que a demanda do produto, qualidade de matéria prima e qualidade dos aços das ferramentas também influenciam o resultado.

Entretanto, o foco do presente trabalho é analisar a influência direta das manutenções preventivas no OEE do setor da estamparia, visto que para a empresa analisada, é o fator que possui maior impacto no índice de eficiência.

Para a construção da lista de ferramentas críticas, é necessário analisar os dados do período de maneira acumulada. E a partir da Figura 26, pode-se observar que as horas paradas para manutenção corretiva possuem um impacto significativo no OEE, visto que ao longo do período somam-se 147 horas 1 minuto e 42 segundos. Essas horas, representam o desperdício de horas de máquina uma vez que ao longo dos três meses deixou-se de produzir para aguardar manutenção das ferramentas.

Figura 26 – Acumulado: Ferramenta x Horas x Ocorrência.



Fonte: Autor (2022)

Outro fator que vale a atenção, é a representação em horas das manutenções realizadas e apontadas pelos ferramenteiros, uma análise qualitativa das manutenções apontadas por eles. E ainda, note que duas ferramentas, ET-2089 e ET-2070, representam 29,13% de horas paradas (Tabela 4).

Tabela 4 – Construção do Diagrama de Pareto – MES.

Ferramenta	Horas Paradas	Acumulado (%)
ET-2089	24:32:54	16,70%
ET-2070	18:16:35	29,13%
ET-1788	12:30:17	37,63%
ET-2192	08:16:16	43,26%
ET-2194	07:29:49	48,36%
ET-2160	06:40:17	52,89%
ET-2180	06:27:42	57,29%
.	.	.
.	.	.
.	.	.
ET-2104	00:40:20	98,86%
ET-2210	00:35:02	99,25%
ET-2181	00:32:42	99,63%
ET-1993	00:20:19	99,86%
ET-2143	00:12:43	100%
<b>TOTAL</b>	<b>147:01:42</b>	

Fonte: Autor (2022)

Para a construção da lista mestra é empregado o princípio do Diagrama de Pareto na lista de apontamentos dos ferramenteiros e na lista de horas paradas do sistema MES, excluindo as redundâncias. Dessa forma, o Quadro 7 apresenta a lista de ferramentas críticas juntamente com as ações necessárias para mitigar os problemas e reduzir os impactos na produção.

**Quadro 7 – Lista de ferramentas críticas.**

<b>Ordem</b>	<b>Ferramenta</b>	<b>Ação</b>	<b>Manutenção Preventiva</b>
<b>1</b>	ET-2089	Ferramenta reserva; Punção do carimbo reserva.	Lubrificação pós-produção; Afição matriz e punções a cada 15.000 golpes; Troca do carimbo a cada 40.000 golpes.
<b>2</b>	ET-2070	Matrizes reserva; Punções reservas; Ajuste da folga dos punções.	Lubrificação pós-produção; Afição matriz e punções a cada 20.000 golpes; Troca dos punções a cada 60.000 golpes.
<b>3</b>	ET-2192	Ferramenta reserva; Punção do carimbo reserva.	Lubrificação pós-produção; Afição matriz e punções a cada 15.000 golpes; Troca do carimbo a cada 40.000 golpes.
<b>4</b>	ET-2194	Ferramenta reserva; Punção do carimbo reserva. Ajuste dos levantadores da tira.	Lubrificação pós-produção; Afição matriz e punções a cada 15.000 golpes; Troca do carimbo a cada 40.000 golpes.

**Fonte: Autor (2022)**

A ordem de prioridade das ferramentas da lista é dada a partir dos produtos de maiores demandas, essa informação é fornecida pelo setor de PPCP. As ferramentas ET-2089, ET-2192 e ET-2194 estampam produtos muito similares, e as

ferramentas encontram-se no final de sua vida útil, dessa forma os problemas observados são bastante similares e como consequência, as ações também são. É necessário a construção de estampas mais modernos, com sistema de manutenção rápida e com maior capacidade produtiva para substituí-los.

Ressalta-se a importância das manutenções reservas para que a vida dos estampas e componentes sejam prolongadas, e ainda, é alinhado com a Ferramentaria a construção dos punções com maiores demandas para evitar que a máquina fique parada aguardando a fabricação de um componente necessário para manutenção e consequente retomada da produção.

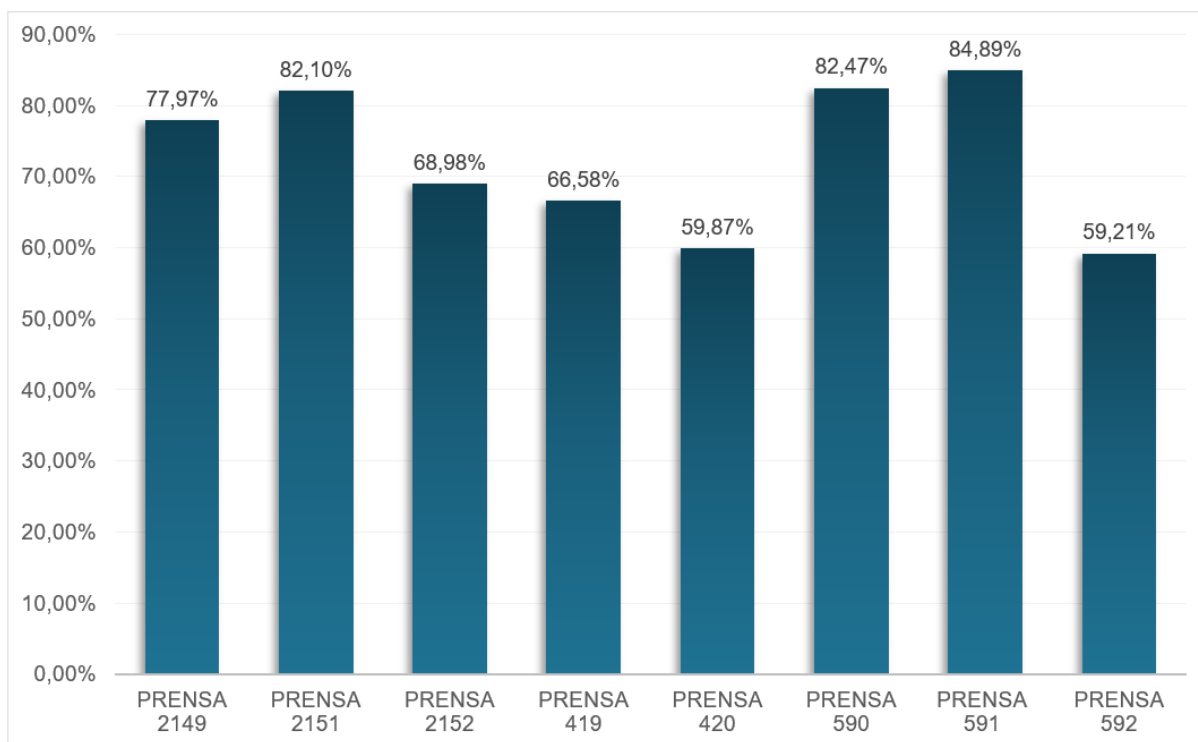
#### **4.4 Análise do OEE**

Conforme dito anteriormente, diversos fatores influenciam na eficiência de um setor como: disponibilidade, performance e qualidade dos produtos produzidos. O setor da Estamparia da empresa analisada, possui pouca variação dos produtos produzidos de forma que a qualidade que compõe a eficiência é considerada 100%. Este fator será analisado em estudos futuros da empresa, para refinar ainda mais o índice do setor.

A Figura 27 apresenta o OEE do setor da Estamparia para o mês de junho, é possível observar que a eficiência acumulada apresenta uma alta significativa. A elevação do OEE é fruto da bem sucedida adoção das práticas da ME, onde o principal foco era a eliminação dos desperdícios. Note que, o setor encontrava-se com uma eficiência média acumulada de 41,88% em dezembro contra uma nova eficiência de 72,76% em junho.

As práticas de manutenção autônoma resultaram em um maior senso de responsabilidade dos colaboradores e auxiliaram o setor de Manutenção a programar de maneira mais assertiva as manutenções programadas. Dessa forma, a quantidade de horas paradas aguardando a manutenção das prensas é reduzida e a eficiência do setor aumentada.

**Figura 27 – OEE acumulado de junho para a Estamparia.**



Fonte: Autor (2022)

Outro fator de grande importância para o aumento do OEE, é a melhor comunicação entre o PPCP e a Estamparia. As ordens de produção sendo recebidas com antecedência permitem ao setor uma melhor programação, sequenciamento e sobretudo aproveitamento das máquinas, evitando horas perdidas com *setups* desnecessários.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta a implementação de filosofias e práticas da Manufatura Enxuta em uma indústria metalúrgica de grande porte, onde o foco é a redução dos desperdícios do setor da Estamparia e conseqüente aumento do OEE. Tal implementação é realizada a partir de três conceitos da ME, sendo eles: *Just in Time* (JIT), Troca Rápida de Ferramenta (TRF) e Manutenção Produtiva Total (TPM).

O estudo inicia-se com a análise dos pontos gerais de melhoria do setor crítico, buscando a redução dos desperdícios mais fáceis de resolver. Nesta fase, os colaboradores são diretamente envolvidos, apontando quais as maiores dificuldades enfrentadas no dia a dia, e oferecendo sugestões de melhoria. Os apontamentos são



analisados e os de fácil resolução são resolvidos de imediato, em especial os que se referem a padronização, limpeza e organização do setor.

Com a implementação da TRF, o presente estudo estratifica os elementos do *setup* em interno e externo, e com a adição de um colaborador facilitador o tempo médio de máquina parada reduz de 90 para 61 minutos, mitigando 32,22% de desperdício com a máquina inoperante. O estudo apresenta que o colaborador facilitador executa 46,67% das atividades que antes eram executadas pelo próprio operador da prensa, aumentando consideravelmente a disponibilidade de operação da máquina e conseqüentemente a sua eficiência.

Na implementação da TPM, observa-se que na construção da lista mestra de ferramentas críticas, as informações do banco de dados dos ferramenteiros e do *software* MES são similares, mas complementares. Enquanto os ferramenteiros apresentam os tipos de manutenções realizadas e quais estampos passaram pela bancada, o MES apresenta a quantidade de horas que cada máquina ficou parada aguardando a manutenção ser realizada.

Com essas informações é possível determinar quais estampos a empresa deve focar suas energias, visto que reduzindo o tempo de manutenções corretivas em estampos críticos as prensas podem operar por mais tempo, e de maneira mais eficiente. Assim, a empresa elimina os desperdícios com paradas não planejadas e ainda como consequência, garante uma melhor confiabilidade das ferramentas e produtos com maior qualidade.

Por fim, observa-se que com a adoção das filosofias da ME o setor apresentou um aumento de 73,73% em sua eficiência. Esse aumento significativo é reflexo da grande redução dos desperdícios do setor, visto que inicialmente o setor apresentava grande potencial para melhorias. E ainda, é importante ressaltar que com uma comunicação mais assertiva com o PPCP, é possível realizar um melhor planejamento dos *setups* e conseqüentemente melhor aproveitamento da disponibilidade das máquinas.

## **6 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

Para trabalhos futuros, recomenda-se a extrapolação das práticas da ME para os outros setores da empresa, a iniciar-se pela Fundição e comparar os resultados obtidos com a Estamparia. E ainda, verificar o impacto da qualidade dos produtos no custo da produção e ainda na eficiência dos setores, refinando assim, os dados de OEE obtidos pelo MES.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, J. M. **O sistema Just in Time reduz os custos do processo produtivo**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 1995.
- ALVES, L. M.; OLIVEIRA, F. P. **Estudo de implementação do sistema TPM na indústria de alimentos e seus ganhos**. Poços de Caldas: PUC Minas, 2014.
- ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/>>, acesso em 20 mai. 2022.
- BATISTA, E. **A dialética da reestruturação produtiva: a processualidade entre Fordismo, Taylorismo e Toyotismo**. Revista Aurora, v. 7, n. 2, 2014.
- BRAVERMAN, H. **Trabalho e capital monopolista: a degradação do trabalho no século XX**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.
- CORIAT, B. **Ohno e a escola japonesa de gestão de produção: um ponto de vista de conjunto**. Porto Alegre. PPGEP/UFRGS, 1992.
- DRATH, R.; HORCH, A. **Indústria 4.0: Hit or hype?** [industry forum]. IEEE industrial electronics magazine, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.
- FLEURY, P. F.; PROENÇA, A. **Competitividade industrial e a gerência estratégica de operações**. RAUSP Management Journal, v. 28, n. 2, p. 3-21, 1993.
- FILHO, M. P.; LOOS, M. J. **Interação entre os tópicos Lean Manufacturing e indústria 4.0**. In: SESMEP - Iv Semana Sul-Mato-Grossense De Engenharia De Produção - Universidade Federal de Mato-Grosso do Sul, 2021.
- FONCECA, Erika et al. **A Influência das ferramentas da qualidade na produção de embalagens secundárias**. 19f. XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Maceió, Alagoas, 2018.
- FORD, H. **Os princípios da prosperidade**. Trad. Monteiro Lobato. São Paulo: Livraria Freitas Bastos, 1967.
- GARCIA, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. **Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança**. Revista Tecnológica, v. 63, p. 36-42, 2001.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GUTIÉRREZ, A. M. **Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios: enfoque sistémico kantiano**. 1ª. ed. Colômbia: AMG, 2005.
- HASEGAWA, H. L.; VENANZI, D.; SILVA, O. R. **Estudo de múltiplos casos envolvendo a implementação da manufatura enxuta**. In: SIMPEP – XXIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Bauru, 2016.
- JABBOUR A.B.L.S., TEIXEIRA A.A., FREITAS W.R.S., JABBOUR C.J.C., **Análise da relação entre manufatura enxuta e desempenho operacional de empresas do setor automotivo no Brasil**, Revista Administração, v.48, n.1, p.843-856, 2013.

JIPM. Japan Institute of Plant Maintenance. **Total Productive Maintenance Training Textbook**. Tóquio.: JIPM, 2015.

JOBS, S. **Steve Jobs Biography**. Business News Daily, 2016.

LIKER, J., K; MEIER, D. **O modelo Toyota**: Manual de Aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LUBBEN, R. T. **Just-In-Time**: uma estratégia avançada de produção”. São Paulo, McGraw-Hill, 1989.

MCKONE, K. E.; SCHROEDER, R. G.; CUA, K. O. **Total productive maintenance**: a contextual view. *Journal of Operations Management*, v. 17, p. 123-144, 1999.

MESA. White Paper #06: MES Explained: A High Level Vision for Executives [online]. MESA International. 2007. Disponível em: <<https://www.pathlms.com/mesa/courses/24315>>, acesso em 22 mai. 2022.

MORAIS, E. O; RIBEIRO, K. L; SANTOS N., N. F., **A melhoria de sistemas produtivos baseada na diminuição do tempo de setup das máquinas**: Um estudo de caso no setor de calçados, *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 48312–48323, 2020.

MOURA, R. A.; BANZATO, E. **Redução do tempo de setup**: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas. São Paulo: IMAM, 1996.

MULLER, C. J. **A evolução dos sistemas de manufatura e a necessidade de mudança nos sistemas de controle e custeio**. 1996.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC, 1989.

NEFFA, J. C.; CORIAT, B. **El proceso de trabajo y la economía de tiempo**. Humanitas, 1990.

OEE Efetividade Global do Equipamento. Disponível em: <[www.oeo.com.br](http://www.oeo.com.br)>, acesso em 22 mai. 2022.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção** – Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PATEL, S.; DALE, B.G.; SHAW, P. **Set-up time reduction and mistake proofing methods**: An examination in precision component manufacturing. *The TQM Magazine*. v.13, n.3, 2001.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

RIBEIRO, A. **Taylorismo, fordismo e toyotismo**. *Lutas Sociais*, v. 19, n. 35, p. 65-79, 2015.

RIBEIRO, H. **Desmistificando o TPM, como implantar o TPM em empresas fora do Japão**. São Caetano do Sul, editora PDCA, 2010.

ROBINSON, C. J.; GINDER, A P. **Implementing TPM: The North American experience**. Portland: Edwards Brothers, 1995. 197 p.

SAENZ U., B.; ARTIBA, A.; PELLERIN, R. **Manufacturing execution system** – a literature review. *Production planning and control*, v. 20, n. 6, p. 525-539, 2009.

SEBRAE Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Disponível em <<http://www.sebrae.com.br>>, acesso em 20 mai. 2022.

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

SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996.

SHINGO, S. **O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2000.

SUZUKI, T. **TPM em Indústrias de Processos**. Nova York: Productivity Press, 1994.

STONE, K. B. **Four decades of lean: a systematic literature review**. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 3, n. 2, p. 112-132, 2012.

TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **TPM/MPT: manutenção produtiva**. Tradução: Outras palavras. Supervisão: Cyro Yoshinaga. São Paulo: Instituto IMAM/São Paulo, 1993.

TAYLOR, F. W. **Princípios de administração científica**. São Paulo: Atlas, 1987.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: DG. 1998.

WOMACK, J. P.; JONES K. T. **A Máquina que mudou o mundo**. 10. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOOD J. T. **Fordismo. Toyotismo e Volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido**. *Revista de Administração de Empresas*. v.32. n.4. p. 6- 18. 1992.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

## APÊNDICE A - Controle de Quebra de Ferramentas

CONTROLE DE QUEBRA DE FERRAMENTAS							
N° ET e nome Ferramenta	Data	Hora da Entrega	Defeito				
	_/_/___	:					
Responsável(Operador):	Data Entrega	Hora Final Concerto	Cavid.Total	Ativa	PROBLEMA ENCONTRADO	Peças Substituidas	Quantidade
	_/_/___	:					
			Corretiva				
			Preventiva				
Serviço Realizado							
<b>Responsável(Ferramenteiro):</b>							
<b>N° ET e nome Ferramenta</b>							
	Data	Hora da Entrega	Defeito				
	_/_/___	:					
Responsável(Operador):	Data Entrega	Hora Final Concerto	Cavid.Total	Ativa	PROBLEMA ENCONTRADO	Peças Substituidas	Quantidade
	_/_/___	:					
			Corretiva				
			Preventiva				
Serviço Realizado							
<b>Responsável(Ferramenteiro):</b>							
<b>N° ET e nome Ferramenta</b>							
	Data	Hora da Entrega	Defeito				
	_/_/___	:					
Responsável(Operador):	Data Entrega	Hora Final Concerto	Cavid.Total	Ativa	PROBLEMA ENCONTRADO	Peças Substituidas	Quantidade
	_/_/___	:					
			Corretiva				
			Preventiva				
Serviço Realizado							
<b>Responsável(Ferramenteiro):</b>							