



ISEL



Aplicação da filosofia *Lean* na melhoria contínua do processo produtivo do tabaco

AMANDA DE FREITAS LOBO
(Licenciada em Engenharia Química
Pós-Graduada em Engenharia de Processos Industriais)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Júri:

Presidente: Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu
Vogais:

Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas
Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Novembro de 2024

Aplicação da Filosofia *Lean* na melhoria contínua do processo produtivo do tabaco

AMANDA DE FREITAS LOBO
(Licenciada em Engenharia Química
Pós-Graduada em Engenharia de Processos Industriais)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Júri:

Presidente: Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu,
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Politécnico de
Lisboa

Vogais:

Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas, Faculdade de
Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias, Instituto Superior de
Engenharia de Lisboa, Politécnico de Lisboa

Novembro de 2024

Agradecimentos

A realização desta tese foi um caminho longo e desafiador, repleto de aprendizagens e transformações. Nenhuma conquista é individual, e é com profundo agradecimento que reconheço todos aqueles que me apoiaram ao longo dessa jornada.

Primeiramente, agradeço a Deus pela força e pela perseverança em cada etapa deste processo.

Aos meus pais, Edson de Souza Freitas e Adileia de Freitas Lobo, minha eterna gratidão pelo amor incondicional, pelo suporte e por sempre acreditarem em mim, independentemente da distância que nos separa.

Ao meu irmão, Fellipe Wlaster de Freitas Lobo, que sempre foi uma inspiração e o meu modelo a seguir. O incentivo constante me deu forças para ir adiante em momentos difíceis.

Um agradecimento especial a minha orientadora, Ana Sofia Martins da Eira Dias, por sua orientação impecável, paciência e apoio contínuo ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. Suas valiosas contribuições e sua sabedoria foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também aos meus professores e colegas por me proporcionarem um ambiente de estudo enriquecedor.

À minha família e amigos, que sempre me enviaram palavras de apoio e carinho. Obrigada por estarem presentes de tantas maneiras.


Finalmente, deixo meus sinceros agradecimentos a todos os profissionais, participantes e instituições que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização desta tese. Sem a colaboração de todos, este trabalho não teria sido possível.

A todos, meu mais profundo e sincero obrigada.

Declaração de integridade

Declaro que esta(e) dissertação / trabalho de projeto / relatório de estágio é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor



Amanda de Freitas Lobo

Lisboa, 30 de setembro de 2024

Aplicação da filosofia *Lean* na melhoria contínua do processo produtivo do tabaco

Resumo

As práticas de manutenção são fundamentais para garantir a eficiência operacional e a longevidade dos equipamentos e processos nas empresas. No contexto da melhoria contínua, elas desempenham um papel crucial ao prevenir falhas e interrupções inesperadas, permitindo que as operações fluam de maneira mais previsível e confiável. Além disso, a manutenção regular e preventiva reduz custos com reparos emergenciais e perda de produtividade, melhorando a rentabilidade. Empresas que adotam práticas de manutenção eficazes, tendem a se destacar no mercado pela sua confiabilidade e capacidade de atender aos prazos e demandas dos clientes, consolidando uma imagem de excelência. Essas práticas também promovem a segurança no ambiente de trabalho, evitando acidentes que possam comprometer a integridade dos funcionários e impactar negativamente a reputação da empresa. Ao otimizar o desempenho dos ativos, as organizações podem se adaptar rapidamente às mudanças de mercado e inovações tecnológicas, mantendo-se competitivas. Contudo, empresas que investem em manutenção demonstram compromisso com a sustentabilidade, ao prolongar a vida útil dos seus recursos, o que reforça uma imagem positiva perante clientes e investidores, e fortalece a sua posição no mercado. Este trabalho investiga a aplicação da filosofia *Lean* na melhoria contínua do processo produtivo de uma fábrica de cigarros em Portugal. Utilizando um estudo de caso, a pesquisa examina a implementação de práticas de Manutenção Produtiva Total (TPM) e Manutenção Autônoma, com foco na otimização dos processos produtivos e na redução de desperdícios. O estudo apresenta uma análise dos indicadores de desempenho, como OEE e *Uptime*, antes e após a implementação das práticas *Lean*. Os resultados mostram melhorias significativas na eficiência operacional, que passou de 88,08% para 96,30%, qualidade dos produtos e redução de 8,55% para 2,49%, das paragens não planeadas. Além disso, são discutidas as limitações e desafios enfrentados durante o processo de implementação, como a necessidade de treinamento intensivo e mudança cultural dos operadores. Este estudo contribui para a literatura, ao evidenciar a eficácia das práticas *Lean* na indústria do tabaco, propondo um caminho para a melhoria contínua e a excelência operacional.

Palavras-chave: Filosofia *lean*, manutenção autônoma, melhoria contínua, *Total Productive Maintenance*, *Overall Equipment Effectiveness*.

Lean philosophy in the continuous improvement of the tobacco production process

Abstract

Maintenance practices are essential to ensuring operational efficiency and the longevity of equipment and processes in companies. In the context of continuous improvement, they play a crucial role in preventing failures and unexpected interruptions, allowing operations to flow in a more predictable and reliable manner. Furthermore, regular and preventive maintenance reduces costs associated with emergency repairs and productivity losses, enhancing profitability. Companies that adopt effective maintenance practices tend to stand out in the market for their reliability and ability to meet deadlines and customer demands, consolidating an image of excellence. These practices also promote workplace safety, preventing accidents that could compromise employee integrity and negatively impact the company's reputation. By optimizing asset performance, organizations can quickly adapt to market changes and technological innovations, remaining competitive. Moreover, companies that invest in maintenance demonstrate a commitment to sustainability by extending the useful life of their resources, reinforcing a positive image to customers and investors, and strengthening their position in the market.

This paper investigates the application of Lean philosophy in the continuous improvement of the production process of a cigarette factory in Portugal. Using a case study, the research examines the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) and Autonomous Maintenance practices, focusing on optimizing production processes and reducing waste. The study presents an analysis of performance indicators, such as OEE and Uptime, before and after the implementation of Lean practices. The results show significant improvements in operational efficiency, which increased from 88.08% to 96.30%, product quality, and a reduction in unplanned stoppages from 8.55% to 2.49%. Additionally, the limitations and challenges faced during the implementation process are discussed, such as the need for intensive training and cultural change among operators. This study contributes to the literature, by highlighting the effectiveness of Lean practices in the tobacco industry, proposing a path for continuous improvement and operational excellence.

Keywords: Lean philosophy, autonomous maintenance, continuous improvement, Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness.

Lista de Símbolos e de siglas

AM - *Autonomous Maintenance*

CDP - *Carbon Disclosure Project*

CIL - *Clean Inspection and Lubrication*

CL - *Center Line*

DH - *Defect Handling*

DMS - *Daily Management System*

DOp- Disponibilidade Operacional

Hd - Horas disponíveis

Him - Horas de indisponibilidade devido à manutenção

HTRA – *Hard To Reach Areas*

ID - Indicador de Desempenho

IPS - Ferramenta de Análise Inicial de Problemas

LP - *Lean Production*

MP&S - *Maintenance Planning & Scheduling*

MTBF - *Mean Time Between Failures*

MTTF - *Mean Time To Failure*

MTTR - *Mean Time To Repair*

Nc - Número de intervenções corretivas

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

OE - *Equipment Owner*

OPL - *One Point Lesson*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

PNP - Paragens não programadas

Pp - Paragens programadas

QPP - Quantidade de Peças Produzidas

SAP - *Systems, Applications, and Products*

SOC - *Source of Contamination*

TMEF - Tempo Médio Entre Falhas

TMPF - Tempo Médio Para Falha

TMDR - Tempo Médio De Reparação

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPP - Total de Peças Produzidas

TPR - Total de Peças Rejeitadas

TRE - Total de peças com Retrabalho

TQU - Taxa de Qualidade

TTC - Tempo Teórico de Ciclo

TTP - Tempo Total Programável

Índice

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	22
1.2	OBJETIVOS DE PESQUISA	23
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	23
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	23
1.3	ENQUADRAMENTO DO TEMA	23
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2	REVISÃO DA LITERATURA	26
2.1	INTRODUÇÃO A FILOSOFIA <i>LEAN</i>	26
2.1.1	<i>Princípio da Produção Lean</i>	26
2.1.2	<i>Desperdício</i>	28
2.1.3	<i>Total Productive Maintenance</i>	28
2.1.4	<i>Metodologia 5S</i>	30
2.1.5	<i>Metodologia Plan-Do-Check-Act</i>	31
2.1.6	<i>Metodologia Kaizen</i>	32
2.2	MANUTENÇÃO	32
2.2.1	<i>Manutenção Corretiva</i>	34
2.2.2	<i>Manutenção Preventiva</i>	34
2.2.3	<i>Manutenção Preditiva</i>	34
2.2.4	<i>Indicadores de Manutenção</i>	35
2.2.5	<i>Indicadores de Desempenho</i>	38
2.3	MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	40
	<i>Passo 1 – Limpeza inicial</i>	41
	<i>Passo 2 – Eliminar fontes de contaminação e áreas de difícil acesso</i>	41
	<i>Passo 3 – Definir padrões de limpeza e lubrificação</i>	41
	<i>Passo 4 – Inspeção Geral do Equipamento</i>	42
	<i>Passo 5 – Inspeção Geral do Processo</i>	42
	<i>Passo 6 – Manutenção autônoma sistêmica</i>	42
	<i>Passo 7 – Gestão Autônoma</i>	42
3	ESTUDO DE CASO	43
3.1	OBJETIVOS DO ESTUDO DE CASO	43
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	44
3.2.1	<i>Estruturação da equipa</i>	44
3.3	<i>DAILY MANAGEMENT SYSTEM (DMS) – SISTEMA DE GESTÃO DIÁRIO</i>	46
3.3.1	<i>Defect Handling</i>	46

3.3.2	<i>Clean, Inspection and Lubrication</i>	47
3.3.3	<i>Maintenance Planning & Scheduling</i>	48
3.3.4	<i>Center Line</i>	48
3.4	<i>EQUIPMENT OWNER</i>	49
4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	51
4.1	DEFINIÇÃO DA <i>BASELINE</i>	51
4.2	IMPLEMENTAÇÃO DO PASSO 1 - FERRAMENTAS.....	55
4.2.1	<i>Safety Map</i>	55
4.2.2	<i>Initial Problem Solving</i>	57
4.2.3	<i>One Point Lesson</i>	59
4.3	IMPLEMENTAÇÃO PASSO 2 - ELIMINAR FONTES DE CONTAMINAÇÃO E ÁREAS DE DIFÍCIL ACESSO	60
4.4	IMPLEMENTAÇÃO PASSO 3 – GESTÃO DE LUBRIFICAÇÃO	62
4.5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	64
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
5.1	CONCLUSÃO	68
5.2	LIMITAÇÕES DA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	69
5.3	TRABALHOS FUTUROS.....	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

Índice de Figuras

FIGURA 1: RELAÇÃO ENTRE A TPM E AS FERRAMENTAS DO <i>LEAN</i>	29
FIGURA 2: PILARES DA TPM	30
FIGURA 3: <i>PLAN-DO-CHECK-ACT</i> (PDCA).....	32
FIGURA 4: FUNÇÕES, DESAFIOS E ÁREAS DE INTERVENÇÃO DA MANUTENÇÃO	33
FIGURA 5: TIPOS DE MANUTENÇÃO	33
FIGURA 6: ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA E FASES DE DOMÍNIO DO EQUIPAMENTO.....	41
FIGURA 7: INTERFACE DO SISTEMA DIGIPERF.	47
FIGURA 8: <i>CHECKLIST</i> DE ATIVIDADES RELACIONADAS A LIMPEZA, INSPEÇÃO E LUBRIFICAÇÃO (CIL).....	48
FIGURA 9: <i>CHECKLIST</i> DE ATIVIDADES RELACIONADAS AS <i>KEY CENTERLINES</i> DA MÁQUINA.	49
FIGURA 10: SEÇÕES DA MÁQUINA.....	50
FIGURA 11: EXEMPLO DE <i>LOSS TREE</i>	53
FIGURA 12: <i>SAFETY MAP</i>	57
FIGURA 13: <i>INITIAL PROBLEM SOLVING - IPS</i>	58
FIGURA 14: <i>ONE POINT LESSON - OPL</i>	60
FIGURA 15: <i>SOURCE OF CONTAMINATION (SOC)</i>	61
FIGURA 16: <i>HARD TO REACH AREAS (HTRA)</i>	62
FIGURA 17: <i>LUBRIFICATION MAP</i>	63

Índice de Tabelas

TABELA 1: BASELINE GERAL DA PRODUÇÃO DE FILTROS (NOVEMBRO, 2023).....	52
TABELA 2: PRINCIPAIS PARAGENS DO MÓDULO EM ESTUDO (DURAÇÃO %)	53
TABELA 3: PRINCIPAIS PARAGENS DO MÓDULO EM ESTUDO (NÚMERO).....	54
TABELA 4: EVOLUÇÃO DOS RESULTADOS AO LONGO DOS MESES	64

Índice de Gráficos

GRÁFICO 1: EVOLUÇÃO DE OEE (%) E <i>UPTIME</i> (%).....	65
GRÁFICO 2: EVOLUÇÃO DE MTBF (MIN) E MTTR (MIN).....	65
GRÁFICO 3: TEMPO DE PARAGENS PLANEADAS E NÃO PLANEADAS (%)	66

Índice de Equações

EQUAÇÃO 1.....	35
EQUAÇÃO 2.....	36
EQUAÇÃO 3.....	36
EQUAÇÃO 4.....	37
EQUAÇÃO 5.....	37
EQUAÇÃO 6.....	38
EQUAÇÃO 7.....	39
EQUAÇÃO 8.....	39
EQUAÇÃO 9.....	39
EQUAÇÃO 10.....	39

1 Introdução

1.1 Contextualização

A indústria do tabaco, assim como muitos setores de produção, enfrenta desafios crescentes em termos de eficiência operacional, qualidade e sustentabilidade. Com a intensificação da competitividade global, as empresas precisam aprimorar constantemente seus processos produtivos para se manterem relevantes e lucrativas. Nesse cenário, a aplicação de metodologias como a filosofia *Lean* tem ganhado destaque, oferecendo abordagens estruturadas para a eliminação de desperdícios, melhoria dos recursos e melhoria contínua.

A filosofia *Lean*, originada no Sistema Toyota de Produção, baseia-se em princípios que visam maximizar o valor para o cliente através da redução de desperdícios ao longo do processo produtivo. Ela se concentra em identificar e eliminar atividades que não agregam valor ao produto final, promovendo um fluxo eficiente e ágil de produção.

No contexto da indústria do tabaco, a implementação dos conceitos *Lean* pode trazer melhorias significativas, tanto na eficiência operacional quanto na sustentabilidade do processo. A cadeia produtiva do tabaco, desde o cultivo até a manufatura de produtos finais, envolve uma série de etapas complexas e altamente dependentes de controle de qualidade e otimização de custos. A aplicação da filosofia *Lean* neste setor não apenas pode reduzir desperdícios de materiais, tempo e energia, mas também melhorar a qualidade do produto final e aumentar a capacidade de resposta às demandas de mercado.

Este trabalho tem como objetivo investigar como a filosofia *Lean* pode ser aplicada de forma eficaz na indústria do tabaco, com foco na melhoria contínua dos processos produtivos.

Assim, a pesquisa pretende contribuir para o desenvolvimento de processos mais eficientes, sustentáveis e competitivos na indústria do tabaco, oferecendo *insights* práticos para gestores e profissionais que buscam implementar a melhoria contínua em seus ambientes produtivos.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

Implementar a aplicação das ferramentas de manutenção autônoma numa indústria de tabaco, com o propósito de demonstrar a diminuição das interrupções e o incremento na produtividade dos equipamentos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Medir o progresso na eficiência dos equipamentos, através da aplicação da manutenção autônoma;
- Aplicar as ferramentas de manutenção autônoma, utilizadas para solucionar os problemas encontrados;
- Demonstrar como a capacitação dos colaboradores no processo produtivo, aprimora a capacidade produtiva dos equipamentos;
- Comparar quantitativamente os dados de *performance* das máquinas, antes e depois da implementação da manutenção autônoma.

1.3 Enquadramento do tema

Desde sua criação, o *Total Productive Maintenance* (TPM) tem atraído a atenção tanto de empresas que buscam implementá-lo em suas operações quanto de pesquisadores interessados em demonstrar seus resultados e compreender melhor o funcionamento dessa metodologia. Os dados justificam esse interesse. Organizações que adotam o TPM costumam registrar, em média, uma redução de 30% nos custos de produção e uma diminuição de 90% nas falhas de equipamentos, além de um aumento de 50% na produtividade (Shirose, 1997).

A empresa analisada é líder no mercado de tabaco atuando em mais de 180 mercados no mundo e está entre as 10 melhores empresas, das 400 analisadas, para a *Climate A List*. Recebeu a distinção *Triple-A* por parte do *Carbon Disclosure Project* (CDP). A nota máxima é atribuída pela agenda e ação nas três áreas avaliadas: clima, florestas

e água. Por ser uma companhia conhecida, a responsabilidade com a qualidade dos produtos, os seus colaboradores e o meio onde está inserida, é alta, especialmente porque a marca conta com a confiança de todos os consumidores.

Nesse cenário, uma das estratégias adotadas pela empresa para elevar ainda mais sua competitividade foi a implementação do TPM, com o objetivo de aumentar a flexibilidade, reduzir o risco de acidentes, melhorar a qualidade dos produtos e diminuir o tempo de entrega, entre outros benefícios.

Dessa forma, torna-se essencial avaliar o processo de implementação para assegurar que ele segue corretamente todas as etapas da metodologia aplicada, além de identificar oportunidades para alcançar melhores resultados por meio de estudos e da aplicação prática de outros modelos na área de Gestão da Manutenção.

1.4 Estrutura do trabalho

A primeira etapa do trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica dos conceitos mais importantes que envolvem o TPM e a manutenção. Com relação à sua finalidade, a pesquisa será do tipo aplicada, pois trata-se de um estudo de caso envolvendo uma indústria do setor do tabaco. Será abordada de maneira qualitativa e quantitativa, já que será realizada uma análise crítica do processo de implantação da manutenção autônoma, observando se a metodologia implantada segue os padrões e propondo melhorias a esse processo. Os dados necessários para análise serão obtidos através dos resultados de *performance* das máquinas por um tempo determinado, além de observação direta. De posse dos resultados obtidos e conhecendo a metodologia, será feita uma análise crítica desse processo de implantação.

Este trabalho está desenvolvido em uma estrutura de 5 capítulos. No primeiro está contida a introdução, com destaque para a justificativa e relevância do tema, os objetivos gerais e específicos do estudo e a metodologia aplicada ao longo do trabalho. No segundo capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os temas ligados a gestão da manutenção, destacando a metodologia de implantação de formas de gestão *Lean*. No terceiro capítulo é apresentado o estudo de caso realizado. No início do capítulo são mostradas as características da empresa e posteriormente serão analisadas as aplicações das ferramentas de implantação da filosofia *Lean*, destacando as atividades dos pilares de Manutenção Autônoma. No quarto capítulo são mostrados e discutidos os resultados do estudo de caso e, por fim, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão da Literatura

2.1 Introdução a Filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* originou dos processos de produção japoneses na década de 1940 e só foi apresentada ao ocidente na década de 1980. Com a evolução do conceito de produção integrada e a maior estruturação das práticas adotadas na indústria Toyota, ela se tornou um paradigma gerencial em vários setores (Pinheiro & Toledo, 2016). A filosofia *Lean*, ou pensamento *Lean*, se baseia nos princípios de valor, fluxo de valor, otimização do fluxo, produção puxada e perfeição e está ligada a sete tipos de ações básicas que ajudam a reduzir o desperdício e melhorar continuamente os processos produtivos: espera; superprodução; transporte; defeitos; inventário; movimentação e processamento desnecessário (Pinheiro & Toledo, 2016).

Segundo Guedes *et al.* (2021), nos dias de hoje, uma empresa precisa investir em programas de gestão, métodos e tecnologias para se destacar dos concorrentes. A produção *Lean* é atualmente uma das opções de investimento mais populares.

2.1.1 Princípio da Produção *Lean*

A cadeia dos cinco princípios da filosofia *Lean* apresentavam deficiência, uma vez que era considerada apenas na vertente do cliente. Assim, era necessária a criação de valores para cada *stakeholder*, que é uma parte integrante de uma empresa e de um negócio

Os princípios, citados em 2.1, faziam com que as organizações se concentrassem somente na redução de desperdícios, esquecendo-se da principal atividade de criação de valor através da inovação constante de produtos, processos e serviços. Surgem então mais dois novos princípios. Conhecer os *stakeholders* e inovar sempre. Os novos princípios do *Lean* são, de acordo com Pinto:

- Conhecer os *stakeholders*: É necessário conhecer quem será servido. Uma empresa não pode apenas se concentrar no bem-estar do cliente. Deve considerar os interesses e necessidades dos colaboradores, fornecedores e acionistas;
- Definir os valores: Este princípio serve para definir o valor real. O cliente, não a empresa, é quem determina o valor. Assim, o valor surge da necessidade, e a empresa deve descobrir qual é essa necessidade para a satisfazer;
- Definir a cadeia de valor: A satisfação dos *stakeholders* é o objetivo principal de uma empresa ou organização, então ela deve definir a cadeia de valor apropriada para cada um deles. Para atingir o sucesso das mesmas, todas as partes da cadeia de valor devem estar igualmente equilibradas;
- Otimizar o fluxo: Consideram-se os fluxos de materiais, pessoas, informações e capital. Estes fluxos visam percorrer toda a cadeia de valor e sincronizar todos os processos de criação de valor para cada parte, sem que haja um ponto de estrangulamento que interrompa ou reduza a atividade em um ponto específico da cadeia;
- Implementar o sistema *Pull*: Este sistema permite que todas as partes interessadas supervisionem os processos, evitando que as empresas e organizações imponham seus requisitos aos *stakeholders*. Portanto, a produção de um produto ou prestação de um serviço só deve começar quando o cliente faz uma solicitação. Em esta etapa, é aplicado o método *Just-in-Time*, que visa produzir um produto ou prestar um serviço no momento certo e nas quantidades certas;
- Perfeição: O objetivo desta ideia é eliminar o retrabalho, pois é responsável por desperdiçar tempo e dinheiro. É fundamental estar bem definido e bem planejado com bastante antecedência durante todo o processo. Os colaboradores devem ser bem instruídos e as instruções devem ser distribuídas uniformemente, para as tarefas principais;
- Inovar sempre: Apostar na inovação constante de produtos, modelos de negócios, serviços e processos para criar valor é o principal lema. É fundamental passar à fase de criação de valor, após a fase de detecção e eliminação de desperdício.

2.1.2 Desperdício

Os conceitos de *Lean Production* (LP), também conhecidos como Produção Enxuta, foram desenvolvidos pela Toyota na década de 1960 com o objetivo de melhorar o conceito de produção integrada e organizar as práticas implementadas nas fábricas da Toyota. Os princípios da LP incluíam perfeição, valor, fluxo de valor, fluxo e produção puxada. A implementação desses princípios oferece oportunidades para resolver os sete tipos de desperdícios identificados pelo Sistema Toyota de Produção: espera, superprodução, transporte, defeitos, inventário, movimentação e processamento desnecessário. Isso significa que a abordagem Lean pode ser usada no desenvolvimento de produtos com o objetivo de aumentar as melhorias, pois seus princípios serão incorporados aos processos de produção, resultando em produtos com maior valor agregado para o cliente e com menos desperdícios (Tomioka *et al.*, 2020).

2.1.3 Total Productive Maintenance

As empresas precisam sempre melhorar a eficiência de seus processos operacionais. O conceito de Manutenção Produtiva Total foi criado com o objetivo de “zero avarias”, “zero desperdícios” e “zero acidentes”, bem como reduzir os tempos de parada de produção e também o índice de quebras de máquinas. É baseado em princípios de trabalho em equipe e melhoria contínua para reduzir as falhas, melhorando práticas de manutenção e processos de suporte, produtivos e administrativos.

Segundo Nakajima (1988), a TPM consiste na “manutenção produtiva que envolve a participação de todos”, combinando as práticas de manutenção produtiva norte-americanas com os conceitos japoneses de gestão da qualidade total (TQM - *Total Quality Management*) e as ferramentas do pensamento *Lean* (Figura 1).



Figura 1: Relação entre a TPM e as ferramentas do *Lean*. Fonte: Esteves (2017).

Este método, é desenvolvido e aplicado nas empresas, para melhorar os principais processos, uma vez que identifica os indicadores de desempenho que visa maximizar a performance dos equipamentos, por meio da criação de um sistema de manutenção que melhora o ciclo de vida dos mesmos, contribuindo para melhoria contínua e disponibilidade, e prevenindo o desgaste (Ribeiro, 2023).

Para que a implementação do TPM seja eficaz e o desempenho geral da produção melhore, os oito pilares do TPM são usados como guia para superarem problemas organizacionais. As empresas também usam esses oito pilares para maximizar a eficácia e eficiência da produção.

A Figura 2 expõe os pilares que amparam a metodologia TPM. Analisando também que o “5S” e “Pessoas” são como base, e são essenciais para a transformação da cultura para a utilização da TPM.

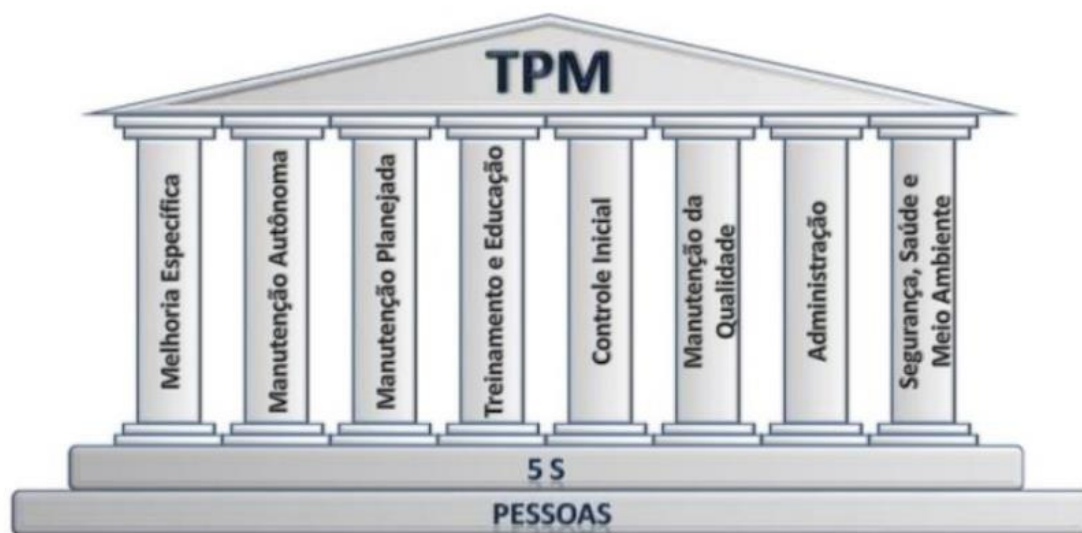


Figura 2: Pilares da TPM. Fonte: Silva & Santos (2022).

A base da casa TPM é o 5S, um conceito sistêmico que permite que todos os colaboradores se comprometam com o cumprimento do mesmo, e criem uma cultura de trabalho organizada e confortável. Anormalidades no local de trabalho podem ser facilmente detetadas com o 5S configurado (San & Purba, 2021).

2.1.4 Metodologia 5S

O 5s surgiu no Japão em meados do século XX, e consiste basicamente no empenho das pessoas em organizar o local de trabalho por meio de manutenção apenas do necessário, da limpeza, da padronização e da disciplina na realização do trabalho, com o mínimo de supervisão possível. O método se concentra em três dimensões fundamentais: a dimensão física (como o *layout*), a dimensão intelectual (como a realização das tarefas) e a dimensão social (como as interações e atividades diárias) (Gomes, 1998).

As três dimensões dependem uma da outra e estão ligadas. Quando uma das dimensões é alterada ou aprimorada, ela se reflete nas outras duas. O 5S exige mudanças profundas e de base, como todo processo de mudança organizacional. Para que isso aconteça, é necessário que todos estejam envolvidos e tenham vontade de mudar, especialmente a gestão de topo, que deve inculcar novos hábitos *top-down* (Campos, 2005).

Os 5S são derivados de palavras japonesas, iniciadas pela letra “s” e que exprimem princípios fundamentais da organização. *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*. Segundo Campos (2005), os cinco “s” são definidos conforme definição abaixo:

Seiri – Senso de utilização, arrumação, organização, seleção;
Seiton – Senso de ordenação, sistematização, classificação;
Seiso – Senso de limpeza, zelo;
Seiketsu – Senso de asseio, higiene, saúde, integridade; e,
Shitsuke – Senso de autodisciplina, educação, compromisso.

2.1.5 Metodologia *Plan-Do-Check-Act*

As empresas precisam de ferramentas prontas para fornecer e resolver problemas, focando em mudanças culturais e reeducação dos colaboradores. O *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) começou a ser mais fortemente aplicado na década de 1930, quando a competitividade nos mercados começou a surgir de modo mais marcante, no setor industrial. É uma ferramenta que pode ser usada para melhorar a gestão de qualidade e os procedimentos organizacionais, visa fornecer apoio gerencial na tomada de decisões e garantir a sobrevivência de uma empresa. De acordo com Generator (2020), ele é organizado por etapas, que são:

P (*Plan* - Planear) - Esta etapa começa o ciclo e visa descrever as atividades e processos por meio de um cronograma de atividades e planejamento de metas, que definem os objetivos que uma organização deseja alcançar;

D (*Do* - Executar) - a segunda etapa requer mudanças culturais e treinamento da equipe. Atualmente, os procedimentos e ações planejados devem ser implementados;

C (*Check* - Verificar) - A verificação das ações, bem como a análise das ações planejadas e executadas, é a terceira fase do ciclo;

A (*Action* - Agir) - Na última etapa, os erros devem ser identificados e programados para corrigir suas causas. caso não identifiquem erros, é possível reconhecer futuros desvios e realizar um trabalho preventivo para uma melhoria contínua;

O ciclo PDCA (Figura 3) pode ser utilizado em qualquer atividade de uma organização, e é de fundamental importância que todos os participantes utilizem essa ferramenta de gestão no dia a dia de suas atividades.

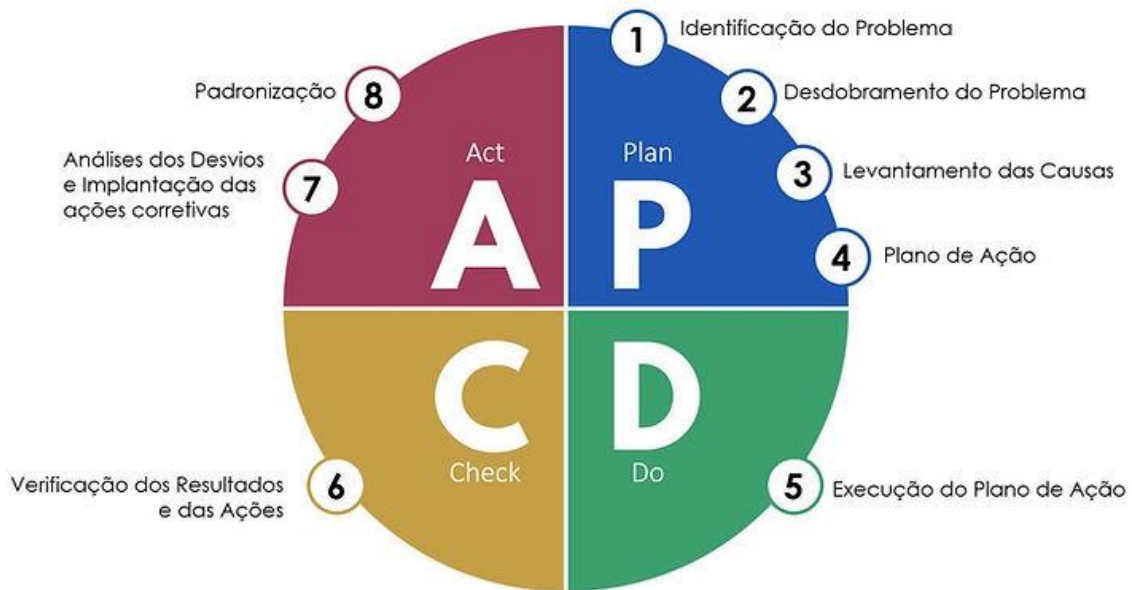


Figura 3: Plan-Do-Check-Act (PDCA). Fonte: Andrade (2003)

2.1.6 Metodologia *Kaizen*

Por último, mas não menos importante, a metodologia *kaizen* - uma filosofia de trabalho japonesa que significa essencialmente melhoria constante - Este método permite pequenas melhorias no processo, tornando-o mais eficaz, controlável e adaptável. A sua aplicação pode ser realizada sem o recurso a equipamentos caros ou a técnicas complexas. O *kaizen* é baseado na divisão de processos em pequenas partes, para facilitar a melhoria de processos em todo o mundo. Para que esta metodologia seja implementada com sucesso, os gestores e administradores da empresa e toda a organização devem estar envolvidos. Por fim, o *kaizen* é um método que normalmente não exige investimentos demasiado avultados, e tem um período de implementação de longo prazo porque é um processo em constante aprimoramento. Além disso, é uma base para outras ferramentas e métodos de pensamento Lean (Araujo & Rentes, 2006).

2.2 Manutenção

A organização da manutenção numa empresa industrial, exige uma compreensão dos conceitos essenciais da estrutura e dos vários tipos de métodos de manutenção.

O termo "manutenção" está presente desde o início da história da humanidade, desde o início da capacidade de manusear instrumentos. Atualmente, existem várias definições diferentes de manutenção. Pode ser definida como o conjunto de ações

destinadas a preservar ou restaurar um sistema, para que ele possa desempenhar a função para a qual foi projetado (Tsarouhas, 2007a).

Também pode ser definida como um conjunto integrado de atividades que se desenvolvem em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança (C. V. Pinto, 2002). A manutenção deve trabalhar com várias áreas de negócios e lidar com vários requisitos, dentro e fora dos limites da organização como apresentado na Figura 4.

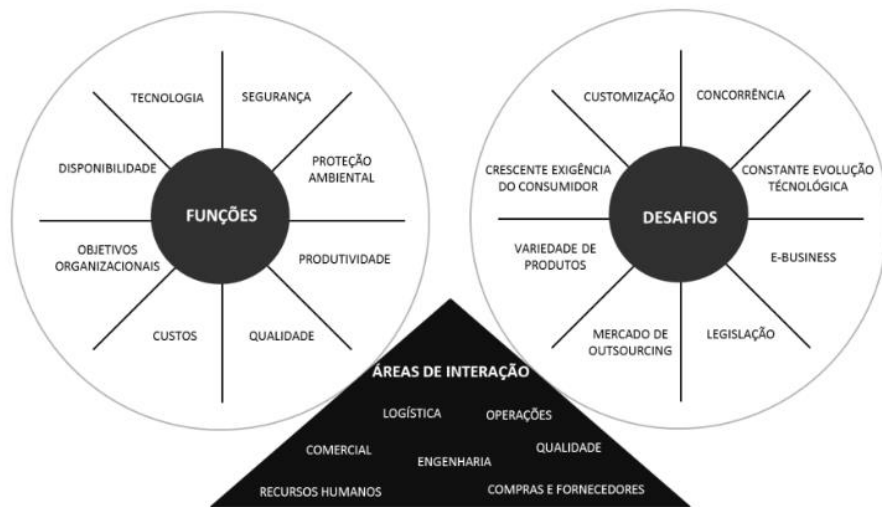


Figura 4: Funções, desafios e áreas de intervenção da Manutenção. Fonte: Esteves (2017).

A função da manutenção será cada vez mais importante para as empresas e para garantir a sua eficácia, deverão ser definidas políticas como: organização; qualificação de pessoal; utilização de técnicas avançadas e controle adequado dos equipamentos e custos, recorrendo principalmente a ferramentas da filosofia *Lean* e para atender as necessidades crescentes (Vitorino, 2011).

De forma genérica, a manutenção pode ser representada hierarquicamente pela Figura 5, os seus conceitos são apresentados logo em seguida.

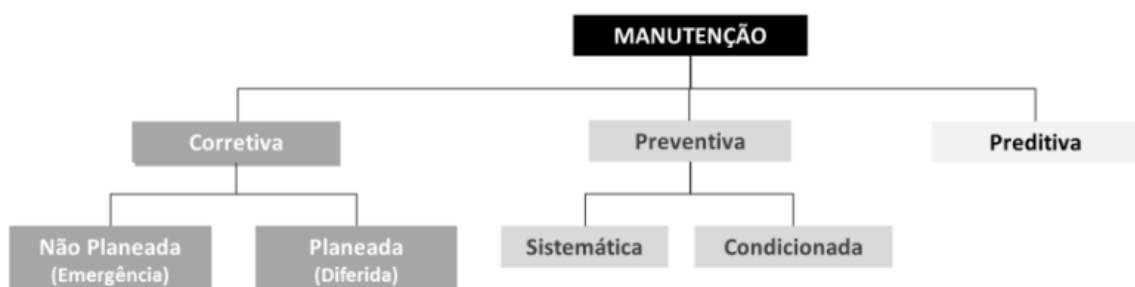


Figura 5: Tipos de Manutenção Fonte: Esteves (2017).

2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva significa que, após uma falha ou perda de função de um sistema, as reparações são feitas para que o sistema volte a funcionar corretamente. Esta abordagem pode ser mais económica do que a manutenção preventiva, embora não seja muito comum. Esta é dividida em Manutenção de Emergência e Manutenção Diferida. A primeira não é executada imediatamente após a deteção da falha, mas conforme estabelecido pelas regras de manutenção da empresa. Por outro lado, para evitar resultados desagradáveis, a segunda é executada imediatamente após uma falha imprevista (Esteves, 2017).

2.2.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva tem como objetivo evitar falhas inesperadas e seus efeitos, tomando medidas para reduzir os fatores que causam avarias, ou para melhorar o funcionamento dos equipamentos. Para isso, um plano de manutenção é implementado em intervalos de tempo específicos e inclui tarefas como limpeza, inspeção, lubrificação e afinação dos componentes (Vitorino, 2011).

A manutenção preventiva sistemática pode prever falhas por meio de dados do fabricante, históricos de avarias ou experiência pessoal dos operadores. As intervenções de manutenção são planeadas a intervalos regulares, como quilómetros, horas de operação ou ciclos de operação (Esteves, 2017). Este tipo de manutenção apresenta elevado custo, porque os equipamentos param de funcionar ou precisam ser substituídos por partes, às vezes sem necessidade.

A manutenção preventiva condicionada ocorre quando uma condição (ruído, nível de óleo, etc.) indica que uma intervenção no equipamento é necessária. Além disso, esta forma de manutenção é vantajosa, porque não exige mão-de-obra permanente. No entanto, requer maior supervisão das peças de reserva, a posse de equipamentos de medição caros e conhecimento especializado (Sousa, 2013).

2.2.3 Manutenção Preditiva

É possível indicar, a partir da manutenção preventiva, as reais condições de funcionamento da máquina, de acordo com dados obtidos a partir dos fenómenos apresentados por ela, quando alguma peça começa a se desgastar ou alguma calibração é necessária. Este tipo de manutenção baseia-se em inspeções periódicas, em que fenómenos como temperatura, vibração, ruídos excessivos, entre outros são observados. Esta análise permite a observação das reais condições do equipamento e

o acompanhamento da evolução de um defeito, possibilitando o planeamento em curto prazo para uma intervenção de manutenção e troca de peças e a eliminação do defeito. Além de indicar o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida útil seja bem aproveitado (Esteves, 2017).

Este método distingue-se da Manutenção Preventiva, na medida em que permite um controlo constante do estado dos equipamentos e a eliminação de desmontagens desnecessárias para inspeção.

2.2.4 Indicadores de Manutenção

A fim de ajudar no desenvolvimento da engenharia de manutenção nas empresas, este tópico abordará os principais indicadores de manutenção, bem como os métodos para calculá-los e interpretá-los segundo os autores Arohman *et al.* (2024). Para evitar desperdício de recursos para análise de dados, que dificultarão a tomada de decisões, essa etapa é crucial para determinar os índices que realmente agregam valor para o negócio. Como exemplo tem-se o *uptime* que se refere ao tempo durante o qual um sistema, máquina ou processo está operacional e funcionando conforme o esperado; e também o *process reliability* que se refere à capacidade de um processo ou sistema de operar de forma consistente e sem falhas, durante um período. Enquanto o primeiro foca na disponibilidade o segundo foca na confiabilidade das máquinas e processos.

2.2.4.1 Uptime

Na gestão Lean, *uptime* refere-se ao tempo durante o qual as máquinas e processos de produção estão operacionais e a funcionar sem interrupções. O objetivo é maximizar o *uptime* para aumentar a eficiência, reduzir desperdícios e melhorar a produtividade. A gestão Lean tem como foco a eliminação de desperdícios e a criação de um fluxo contínuo de produção. Por isso, o *uptime* é um indicador crítico para alcançar esses objetivos, pois reflete a disponibilidade e confiabilidade dos sistemas de produção. Para calcular o *uptime* tem-se:

$$Uptime(\%) = \frac{\text{Tempo de Operação Real}}{\text{Tempo Total Disponível}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Tempo de Operação Real: é o período durante o qual o equipamento ou sistema esteve funcionando conforme o esperado, sem interrupções não planeadas.

Tempo Total Disponível: é o período total durante o qual o equipamento ou sistema poderia estar operando. Isso inclui todo o tempo disponível para operação, independentemente de a máquina estar funcionando ou não (Nakajima, 1988).

2.2.4.2 Process Reliability

A Confiabilidade do Processo é um aspeto crucial na gestão *Lean*, pois se concentra na capacidade de um processo produtivo ou de fabricação de operar de maneira consistente e previsível, minimizando variações e falhas dentro de um determinado período de tempo, sob condições específicas. A confiabilidade do processo é essencial para garantir que os produtos sejam fabricados com a qualidade desejada, no tempo certo e sem desperdício de recursos (Nakajima, 1988). É um componente chave para alcançar operações eficientes e de alta qualidade. Pode ser calculado a partir da equação 2:

$$PR(\%) = \frac{MTBF + MTTR}{MTBF} \quad \text{Equação 2}$$

MTBF: Tempo médio entre falhas

MTTR: Tempo médio de reparação

2.2.4.3 Mean Time Between Failures

O MTBF é um indicador de manutenção, sendo conhecido também como TMEF – Tempo Médio Entre Falhas. Este índice é calculado através da divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para a produção (HD), pelo número NC (Arohman *et al.*, 2024). Dessa forma, tem-se:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad \text{Equação 3}$$

Este é projetado para monitorizar o comportamento do equipamento em relação às ações de manutenção. Se o valor aumentar ao longo do tempo, demonstrará que o ativo está estável, o que significa menos intervenções corretivas e mais disponibilidade da máquina para produção.

2.2.4.4 Mean Time To Repair

É um indicador de manutenção sendo conhecido, em português, como TMDR – Tempo Médio De Reparação. Este índice é calculado através da divisão entre a soma

das horas de indisponibilidade devido à manutenção (HIM) pelo número de intervenções corretivas (NC), realizadas no período de análise. Dessa forma, tem-se:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad \text{Equação 4}$$

Este indicador é projetado para rastrear o impacto da ação mantenedora na produção, de modo que o impacto calculado será menor quanto menor o MTTR.

2.2.4.5 Mean Time To Failure

Também chamado de Tempo Médio Para Falha (TMPF), é um indicador de manutenção que está relacionado a componentes que não são passíveis de recuperação, ou seja, eles são substituídos por novos componentes após falharem, possuindo um MTTR igual a zero. Este índice é calculado através da divisão entre a soma das horas de disponibilidade (HD) do equipamento para produção, dividido pelo número de falhas detetadas em componentes não reparáveis. Dessa forma, tem-se:

$$TMPF = \frac{HD}{N^{\circ} \text{ de falhas}} \quad \text{Equação 5}$$

Assim, pode-se concluir que o MTTF consiste, basicamente, na integração da função confiabilidade no tempo. É importante ressaltar que o MTBF e o TMPF são indicadores distintos, por tratarem falhas em componentes passíveis de recuperação e não reparáveis, respetivamente.

2.2.4.6 Disponibilidade Física

Dentro do conceito da manutenção autónoma, disponibilidade física refere-se à proporção do tempo em que um equipamento ou sistema está operando corretamente e pronto para uso, em comparação com o tempo total disponível. É uma métrica crucial que reflete a eficácia das atividades de manutenção preventiva e corretiva, bem como a eficiência do planeamento e execução dessas atividades.

Este conceito incentiva os operadores a tomarem responsabilidade pela manutenção básica dos seus equipamentos, promovendo um ambiente de trabalho onde eles realizam inspeções regulares, limpezas e pequenas reparações. Isso reduz a dependência exclusiva dos técnicos de manutenção, aumenta a compreensão e

cuidado dos operadores sobre os equipamentos e melhora a comunicação entre operadores e a equipe de manutenção.

A disponibilidade física é calculada usando a equação:

$$DF = \frac{\textit{Tempo Operacional}}{\textit{Tempo Total Disponível}} \times 10 \quad \text{Equação 6}$$

Em que Tempo Operacional é o período em que o equipamento está disponível e funcional; e o Tempo Total Disponível é o tempo total em que o equipamento poderia estar disponível, incluindo períodos de manutenção, paragens planeadas e não planeadas (Nakajima, 1988).

2.2.5 Indicadores de Desempenho

É reconhecido que, aumentar a eficiência do equipamento pode aumentar a produtividade. Quando a TPM é implementada, esta metodologia usa indicadores que podem acompanhar o processo de produção, e enfatizar a melhoria contínua. As máquinas não estão em pleno potencial nas empresas que se dedicam ao fabrico. A máxima produtividade teórica e a produtividade real alcançada, diferem. Os impactos descontados durante a produção, como restrições locais, falta de demanda, perda inerente e perda por falha funcional, podem ser usados para medir a produtividade real, que deve ser sempre maximizada. A produtividade teórica, por outro lado, é determinada pelo tempo de produção livre de impactos (Ribeiro, 2023).

2.2.5.1 Overall Equipment Effectiveness

Para alcançar uma *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) de classe mundial, o TPM envolve todos os colaboradores de várias funções de trabalho na organização, e envolve o trabalho em equipe. O OEE é um indicador de desempenho dos equipamentos do processo produtivo, que considera todos os impactos causados na operação, derivados da indisponibilidade de seus recursos físicos. Este combina informação sobre a utilização do equipamento, rendimento do processo e qualidade do produto (Engelmann *et al.*, 2020).

Então, o indicador OEE, resulta da determinação de outros 3 fatores: a disponibilidade operacional (DOP); o indicador de desempenho (ID) e a taxa de qualidade (TQU).

$$OEE = DOP \times ID \times TQU \times 100$$

Equação 7

- Disponibilidade operacional – DOP

Também conhecido como o grau de ocupação do equipamento. Exprime a proporção entre o tempo efetivo de operação, e o tempo que deveria ter operado.

$$DOP = \frac{(TTP - PP - PNP)}{TTP - PP}$$

Equação 8

TTP: Tempo total programável

PP: Paragens programadas (descanso, almoço, formação, manutenção, etc.)

PNP: Paragens não programadas (Manutenção corretiva, ajuste de ferramentas, etc.)

- Indicador de desempenho – ID

Exprime o comportamento produtivo do equipamento, relacionando o tempo teórico de ciclo (definido pelo planeamento) e o tempo real que o equipamento operou.

$$ID = \frac{(TTC \times QPP)}{TTP - PP}$$

Equação 9

TTC: Tempo Teórico de Ciclo (min/peça produzida)

QPP: Quantidade de Peças Produzidas

- Taxa de Qualidade – TQU

Exprime a proporção de produtos aprovados, em relação à quantidade total produzida.

$$TQU = \frac{[TPP - (TPR - TRE)]}{TPP}$$

Equação 10

TPP: Total de Peças Produzidas

TPR: Total de Peças Rejeitadas

TRE: Total de peças com Retrabalho

Cabral (2008) refere que as empresas procuram atingir indicadores tipicamente de:

Disponibilidade operacional – DOP > 90%

Indicador de desempenho – ID > 95%

Taxa de Qualidade – TQU > 99%

Conduzindo a: OEE > 85%.

Para além do OEE, o MTBF e o MTTR também são usados como ferramentas de trabalho da TPM. O cálculo destes indicadores na avaliação da manutibilidade e fiabilidade, permite definir a política de manutenção preventiva a aplicar nos equipamentos (Vitorino, 2011).

2.3 Manutenção Autónoma

A manutenção autónoma está ganhando popularidade em várias indústrias, principalmente nas que estão a tentar se destacar no mercado de trabalho. Os equipamentos e as pessoas são os principais objetivos dessa manutenção. Um foco é aumentar e melhorar a vida útil do equipamento, e o outro, é treinar e capacitar a equipe. Como resultado, observam-se avaliações com base em menos paragens de máquinas, maior produtividade e menor custo do produto. Na manutenção autónoma, as empresas devem implementar e reorganizar os seus processos, de acordo com a estratégia que buscam (Silva & Santos, 2022).

Cabral (2008) considera que o pilar mais importante do TPM é a manutenção autónoma, pois permite aplicar os cuidados básicos de manutenção da máquina, através do operador. É o ato diário de manter o equipamento operacionalmente saudável. As tarefas e práticas necessárias para manter a integridade dos equipamentos, são executadas por indivíduos altamente qualificados, utilizando processos de trabalho padrão.

Podem resumir os objetivos desse pilar como:

- Equipamento: desenvolver a capacidade do equipamento, para durar a sua vida natural ou projetada, eliminando a deterioração forçada;
- Humano: desenvolver operadores altamente qualificados, que sejam capazes de identificar e corrigir anormalidades, bem como definir e manter padrões para condições adequadas.

As sete etapas da metodologia de Manutenção Autónoma, são projetadas para desenvolver esses recursos ao longo do tempo.

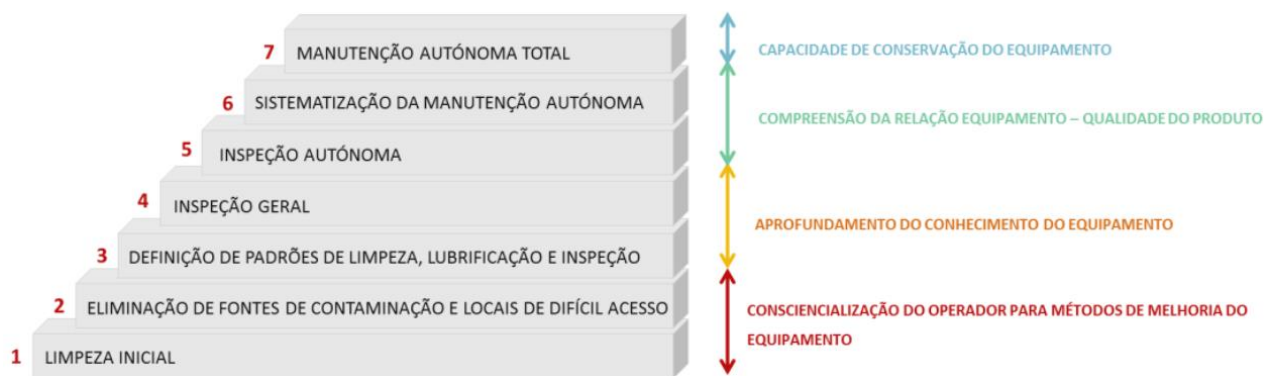


Figura 6: Etapas de implementação da manutenção autônoma e fases de domínio do equipamento.

Fonte: Esteves (2017)

Nos tópicos seguintes são apresentadas as 7 práticas a realizar em empresas, inerentes à Manutenção Autônoma segundo alguns autores:

Passo 1 – Limpeza inicial

Ao exigirem que o operador contacte com todas as partes do equipamento, as atividades de limpeza permitem prevenir a deterioração acelerada dos equipamentos, detetar problemas ocultos pela sujidade e identificar desgastes, danos gerais e riscos que possam existir para o ambiente e para o próprio operador, além de aumentar a qualidade do trabalho de verificação. Outro objetivo importante dessa etapa é estabelecer as condições básicas do equipamento. Com a prática, os operadores consciencializam-se da importância de manter os equipamentos limpos, passando a estimá-los (Silva & Santos, 2022).

Passo 2 – Eliminar fontes de contaminação e áreas de difícil acesso

Os operadores normalmente não querem que os equipamentos se sujem, então eles procuram soluções para evitar que isso aconteça. A tendência é a redução dos tempos de limpeza, lubrificação e inspeção, eliminação dos locais de difícil acesso e dos que produzem maior contaminação. Essa etapa traz como consequência o aumento da fiabilidade do equipamento (Sousa, 2013).

Passo 3 – Definir padrões de limpeza e lubrificação

Nesta etapa prevê-se a elaboração de documentos com as normas básicas provisórias de limpeza, lubrificação e inspeção para trazer o equipamento para suas condições básicas. É importante que os operadores participem na elaboração dos padrões e pontos de verificação, de forma a motivá-los (Sousa, 2013).

Passo 4 – Inspeção Geral do Equipamento

Nas etapas anteriores, os operadores apenas detetavam anomalias e causas de deterioração acelerada. Nesta fase, já são capazes de compreender mais profundamente as estruturas e funções dos equipamentos, estando dotados para executar pequenas manutenções e identificar anomalias com elevada precisão, para melhorar a fiabilidade do equipamento (Esteves, 2017).

Passo 5 – Inspeção Geral do Processo

Esta etapa consiste em dar continuidade e aprofundar as inspeções efetuadas no passo anterior. Desta forma, é possível reduzir o número de paragens não planeadas, avarias e defeitos de qualidade, além de melhorar a estabilidade total e a segurança dos processos. A implementação deste estágio tem o intuito de alcançar as Zero Falhas e Zero Defeitos, com a ajuda do ajuste fino da precisão da inspeção do processo (Esteves, 2017).

Passo 6 – Manutenção autónoma sistêmica

Consolidados os conhecimentos quanto ao funcionamento e estrutura dos equipamentos, os operadores aprimoram os processos, ao serem capazes de estabelecer uma relação entre equipamento, função e qualidade. Nessa etapa é feita a revisão e a melhoria da planta e do plano de manutenção, com a padronização da manutenção com todos os recursos de apoio (Silva & Santos, 2022).

Passo 7 – Gestão Autónoma

Atingida esta etapa, pressupõe-se que o operador é capaz de raciocinar e de executar todas as funções que lhe competem sozinho, dando suporte ao programa TPM, analisando constantemente as informações para melhorá-las, e aumentar a vida útil dos equipamentos (Andrade, 2019).

3 Estudo de Caso

3.1 Objetivos do estudo de caso

A empresa em estudo, enfrenta desafios relacionados a interrupções frequentes na produção e baixa eficiência dos equipamentos. Esses problemas, afetam negativamente a produtividade e a qualidade dos produtos, resultando em desperdícios e custos elevados.

A principal lacuna identificada é a falta de estruturação e padrões para a realização das atividades. Há uma carência de padrões claros para inspeção, limpeza e lubrificação dos equipamentos, o que leva a práticas inconsistentes e aumento da probabilidade de falhas.

Outro problema identificado é a falta de capacitação dos operadores, pois os mesmos não estão suficientemente treinados para realizar as tarefas de manutenção, o que resultava em dependência excessiva da equipa de manutenção e, conseqüentemente, em maior tempo de inatividade dos equipamentos.

Assim sendo, o estudo de caso em questão tem como objetivo principal analisar a aplicação das ferramentas do TPM e da manutenção autônoma, com o intuito de demonstrar a redução de interrupções e o aumento da produtividade dos equipamentos através dos indicadores chaves de desempenho. A pesquisa visa medir o progresso nos indicadores de *performance* dos equipamentos após a implementação dessas ferramentas e fornecer uma estimativa dos resultados alcançados por um período de tempo determinado.

3.2 Caracterização da empresa

Na indústria em análise, existem diversas operações sendo executadas por áreas distintas. Essas operações envolvem desde a compra e recebimento da matéria-prima para produção de filtros de cigarro e cigarros, processamento de fumo, empacotamento até o armazenamento de caixas de cigarros. Desta maneira, como o processo de fabricação de cigarros em análise é complexo e extenso, se faz necessário definir uma área como foco principal para o estudo.

A área escolhida foi o setor de produção e manufatura de filtros, setor intermediário para a produção de cigarros, pois envolve, também, o processo de recebimento de matérias-primas, processamento, armazenamento e envio para o cliente final, que neste caso eram as linhas de produção de cigarros.

3.2.1 Estruturação da equipa

O presente estudo teve sua idealização numa multinacional do ramo alimentício, a qual solicitou que sua identidade permanecesse anônima. O seu funcionamento é de 24 horas por dia, durante todos os dias da semana. A organização está presente em mais de 180 mercados, com uma diversidade de mais de 82.700 colaboradores de diversas partes do globo. A empresa está em processo de implementação do sistema integrado de gestão e da manutenção autônoma nas suas operações de fabrico de cigarro. A fábrica na qual foi realizada este trabalho é dividida em módulos de produção, responsáveis pela fabricação dos produtos. Além desses módulos, existem as áreas relacionadas a gestão, que são responsáveis pelos indicadores de desempenho dos módulos. A área em estudo nesse trabalho é um módulo intermediário, que produz uma das partes do produto final e onde o estudo da manutenção autônoma será realizado.

Esse setor apresenta cargos com determinadas responsabilidades que ajudam a esclarecer os papéis e expectativas de cada posição dentro do setor e garantir uma operação mais eficiente. São elas:

- *Line Lead*: É responsável por coordenar as atividades diárias da linha de produção e garantir que a produção ocorra conforme os padrões de qualidade e segurança. Essa posição também supervisiona e apoia os operadores da linha e monitora o desempenho dos mesmos além de implementar ações corretivas quando necessário. Também é responsável por realizar treinamentos e orientar os membros da equipa. É o ponto chave de contato com os líderes de outros departamentos.

- *Process Lead*: é responsável por desenvolver e otimizar processos de produção para maximizar eficiência e qualidade e aumentar a produtividade. Ele implementa e monitora procedimentos operacionais padrões e analisar dados de produção para identificar áreas de melhoria. Fornecem suporte técnico e orientação aos operadores e líderes de linha para garantir que os processos estejam em conformidade com as regulamentações e normas de segurança.
- *Maintenance Lead*: é responsável por supervisionar a equipe de manutenção e coordenar todas as atividades de manutenção preventiva e corretiva. Ele desenvolve e implementa planos de manutenção para garantir o funcionamento contínuo e eficiente dos equipamentos. Monitoriza a performance dos equipamentos e identifica necessidades de reparo para garantir a disponibilidade de peças de reposição e ferramentas necessárias. Também é responsável por treinar e orientar técnicos de manutenção e cooperar com outros departamentos para planejar paragens de manutenção e minimizar impactos na produção.
- O *Line Coordinator* é responsável por coordenar as operações diárias da linha de produção, assegurando a eficiência e cumprimento dos cronogramas. Acompanhar a produtividade e reportar resultados ao *Line Lead*. Gerenciar o fluxo de materiais e garantir que os recursos estejam disponíveis para a produção além de resolver problemas operacionais e logísticos que possam surgir durante o turno.
- Técnico de Manutenção é responsável por executar manutenção preventiva e corretiva em máquinas e equipamentos de produção. Diagnosticar e reparar falhas mecânicas, elétricas e eletrônicas e colaborar com o *Maintenance Lead* para implementar melhorias nos planos de manutenção. Eles devem manter registros detalhados de todas as atividades de manutenção realizadas e fornecer suporte técnico e treinamento aos operadores para o correto uso e manutenção básica dos equipamentos.
- Operador: é responsável por operar máquinas e equipamentos na linha de produção e monitorar o funcionamento das mesmas, identificar problemas operacionais, realizar ajustes básicos e garantir que os produtos fabricados atendam aos padrões de qualidade. Para isso, devem registrar dados de produção e reportar problemas ao *Line Lead*, *Line Coordinator* ou *Process Lead*.

Todas as posições devem seguir os procedimentos de segurança e regulamentos internos da empresa.

3.3 *Daily Management System* (DMS) – Sistema de Gestão Diário

É um sistema que permite saber, diariamente, se a empresa está no caminho certo ou fora do caminho para atingir as metas definidas, tomar ações corretivas e verificar se as ações e melhorias passadas estão sendo sustentadas. Ele permite verificar tanto os resultados quanto os processos (Almeida *et al.*, 2015).

O DMS monitoriza os recursos estabelecidos pela equipe, para reduzir as perdas de produção e aumentar a vida útil dos equipamentos. Existe um responsável pela gestão de cada DMS e por garantir que o sistema de produção funcione corretamente.

3.3.1 *Defect Handling*

O DH é um tipo de DMS que tem por finalidade a gestão de defeitos dos módulos de produção, máquinas e processos. Portanto é considerado como DMS base pois ele auxilia em outros DMS, e por meio dele que surgirão ações. Os defeitos são registados num sistema em rede designado por *Digiperf* que está sempre à disposição dos colaboradores (Silva & Santos, 2022).

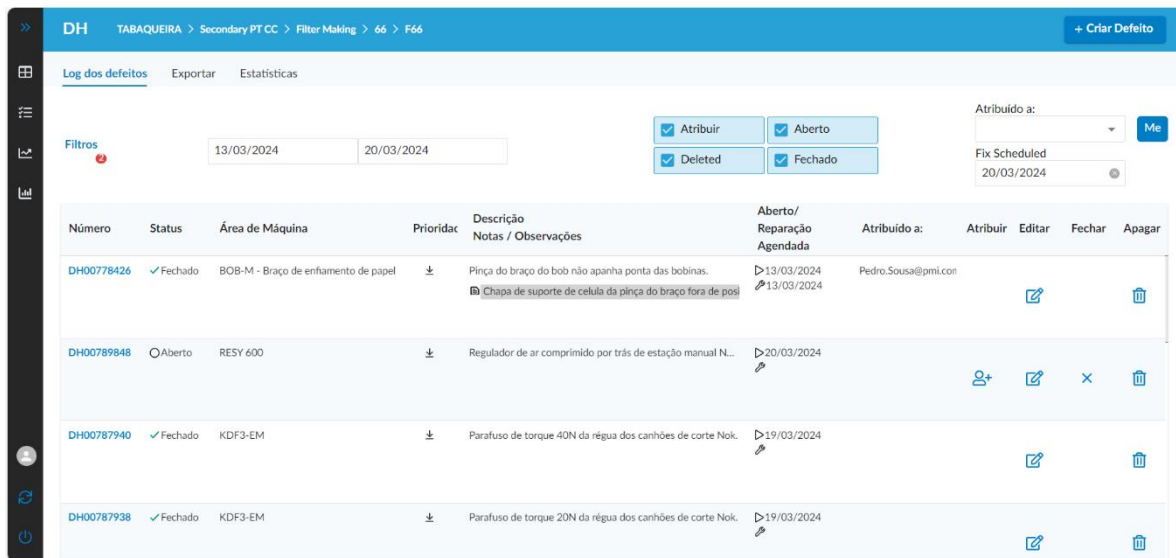
Eles são registados e organizados de acordo com a prioridade, e podem ser divididos em mecânicos; eletrônicos e de plano de manutenção.

Depois de finalizar os procedimentos e descobrir o defeito, a equipe precisa assegurar os passos que compõe o *Defect Handling*:

- Etapa 1: Registrar o Defeito no sistema *Digiperf* com as referências essenciais, tais como: o módulo; o equipamento e as perdas;
- Etapa 2: O responsável de manutenção é controla os defeitos registados realizando a solicitação, ou orçamento necessário para a resolução do mesmo;
- Etapa 3: O responsável de manutenção, também faz o direcionamento do defeito para o operador/técnico que é designado para realizar a resolução do mesmo;
- Etapa 4: O defeito é resolvido dentro do prazo estipulado, considerando a compra e a chegada de peças, e é registado no sistema como defeito fechado e com a implementação da contramedida necessária.

O Sistema, mostrado na Figura 7, permite que todas as contramedidas sejam documentadas, e conseqüentemente são geradas lista de defeitos por máquina, que

são viabilizadas, para que toda a equipa consiga visualizar as demandas e as concretizações das reações tomadas.



The screenshot displays the Digiperf system interface for defect management. The top navigation bar shows the path: DH > TABAQUEIRA > Secondary PT CC > Filter Making > 66 > F66. A '+ Criar Defeito' button is visible in the top right. Below the navigation, there are tabs for 'Log dos defeitos', 'Exportar', and 'Estatísticas'. A filter section includes date ranges (13/03/2024 to 20/03/2024) and checkboxes for 'Atribuir', 'Aberto', 'Deleted', and 'Fechado'. A dropdown menu for 'Atribuido a:' is set to 'Me' with a 'Fix Scheduled' date of 20/03/2024. The main table lists defects with the following data:

Número	Status	Área de Máquina	Prioridad	Descrição Notas / Observações	Aberto/ Reparação Agendada	Atribuido a:	Atribuir	Editar	Fechar	Apagar
DH00778426	✓ Fechado	BOB-M - Braço de enfameto de papel	↓	Pinça do braço do bob não apanha ponta das bobinas. Chapa de suporte de celula da pinça do braço fora de pos	D>13/03/2024 13/03/2024	Pedro.Sousa@pmi.com				
DH00789848	○ Aberto	RESY 600	↓	Regulador de ar comprimido por trás de estação manual NL...	D>20/03/2024					
DH00787940	✓ Fechado	KDF3-EM	↓	Parafuso de torque 40N da régua dos canhões de corte Nok.	D>19/03/2024					
DH00787938	✓ Fechado	KDF3-EM	↓	Parafuso de torque 20N da régua dos canhões de corte Nok.	D>19/03/2024					

Figura 7: Interface do sistema Digiperf.

3.3.2 Clean, Inspection and Lubrication

O CIL (Figura 8) são listas de tarefas para limpeza, inspeção e lubrificação da maquinaria com o objetivo de aumentar a vida útil dos equipamentos. É classificado como um DMS e é o primeiro passo na implementação da manutenção autónoma. O supervisor de Linha é responsável pelo processo de gestão do CIL, e garante que as atividades sejam acessíveis ao setor. Cada tarefa deve conter uma OPL (*One Point Lesson*), que serve para instruir o operador de como fazer a tarefa. Se um colaborador descobrir um defeito durante a inspeção no CIL, ele deve usar o sistema *Digiperf* para registar o defeito, e a equipe sugerir uma ação.

Operador CIL DMS Checklist										Semana 12 - segunda-feira 18 de Março a sexta-feira 22 de Março		2024								
Ordem	Frequência	Cód.	Tipo de Manutenção	Fotografia da origem de equipamento	Maneiras	EPIs	Frequência CIL	EPI	Proble	Tempo Estimado	2024									
											Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo			
1	F	C	Geral		Preparar ferramentas, EPI's verificar quadro consumíveis a utilizar no CIL.		-	-	-	-										
2	P	C	Geral		Desligar os motores auxiliares e soprar toda a máquina		-	-	Air comprimido	-										
3	P	C	Geral		Realizar procedimento LOCK OUT / TAG OUT de forma a isolar as fontes de energia das máquinas ou equipamentos de trabalho.		-	-	Segurança	-										
4	P	C	Geral		Levantar a caixa de hotmelt e limpar a mesa de suporte		-	-	Zona de Contaminação	-										
5	P	C	AF		Limpar a zona da campanula e a saída do tubo		Plataforma, Mopa	-	Rupturas de acetato	-										

Figura 8: Checklist de atividades relacionadas a limpeza, inspeção e lubrificação (CIL).

Além de ter a capacidade de limpar, inspecionar e lubrificar, o CIL também é considerado uma parada planeada do módulo de produção. Durante essa parada, os membros da equipe devem realizar as atividades planeadas de manutenção, bem como identificar e corrigir os defeitos.

3.3.3 Maintenance Planning & Scheduling

O DMS visa administrar a manutenção com foco em aumentar a disponibilidade, diminuir os custos e as quebras. É utilizado regularmente para gerir todas as tarefas de manutenção, usando o sistema de gestão SAP (*Systems, Applications, and Products*). A cada semana, os MP&S são disponibilizados para execução, e classificados de acordo com o módulo e tecnologia da máquina. O supervisor de manutenção é o principal responsável. A equipe de técnicos e mecânicos é responsável por realizar as tarefas indicadas nas ordens. Estas, são definidas de acordo com as recomendações dos fabricantes de equipamentos, as opiniões do grupo e a espera de peças solicitadas para compra.

3.3.4 Center Line

O *Center line* é um DMS que estabelece ajustes padrão para que a máquina atinja o desempenho desejado. Esse DMS é dividido em três tipos:

- *Key Center Line*: define pontos que são conferidos no início de cada turno e na inicialização da máquina, através de gestão visual e padrões no equipamento;
- *Changeover Center Line*: São pontos que devem ser conferidos, todas as vezes que a máquina muda a marca que está a produzir;

- *Master Center Line*: são aqueles pontos que não são alterados, já definidos e padronizados pela estrutura física da máquina.

O responsável pela gestão desse DMS é o Supervisor de Processos, que deve acompanhar a execução do *check-list* de *Center line* (Figura 9) e acompanhá-las durante o processo de fabricação garantindo que as mesmas se apresentem dentro da condição base do equipamento.

Checklist Semanal de Key Centerlines																				
W01		Data do mês de amostra: 09/02/2024										Plano de Ação e/ou Ações Adicionais								
Tudo os Centerlines devem ser verificadas e registradas a cada 8 horas, a cada 16h de verificação deve ser feita com o Plano de Ação. Não se esquecer de registrar as manutenções e as mudanças de marca.																				
TP-66-CUT-003 TP-66-CUT-002		TP-66-KDF-001 TP-66-KDF-004 TP-66-KDF-003 TP-66-KDF-002 TP-66-KDF-005		TP-66-KDF-006		TP-66-KDF-007		TP-66-KDF-008		TP-66-SHOT-006 TP-66-SHOT-002		TP-66-SHOT-005 TP-66-SHOT-003								
NOTA: Todas as Centerlines devem ser verificadas - Na primeira hora do turno/CL; Após manutenções; Troubleshooting; Mudança de marca																				
Lista de CenterLines																				
CL novas ou atualizadas estão realizadas a																				
CL Críticas para a Qualidade do produto estão realizadas a																				
Nº	Quanto Freqüente é o Ponto	Descrição do ponto de controle (marca, altura)	Foto	Mesa do ponto	EPL #	Ponto de Referência (descrever o ponto de referência)	Atualizado - Intervalo 8h		Atualizado - Intervalo 16h		Atualizado - Intervalo 24h		Atualizado - Intervalo 48h		Atualizado - Intervalo 72h		Atualizado - Intervalo 96h			
							Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo	Objetivo
TP-66-CUT-003	E	KDF	Mano	4700	Atividade da Máquina	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	
TP-66-KDF-001	E	AF	Dimensionamento da máquina para o produto	Press	Trípode (altura e posição)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TP-66-KDF-002	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V1	4700	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	
TP-66-KDF-003	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V2	4700	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	
TP-66-KDF-004	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V3	4700	1,21	1,22	1,22	1,22	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	
TP-66-KDF-005	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V4	4700	1,16	1,26	1,25	1,35	1,25	1,35	1,30	1,35	1,30	1,35	1,30	1,35	1,25	1,29	1,16
TP-66-KDF-006	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V5	4700	1,18	1,30	1,30	1,35	1,20	1,35	1,30	1,35	1,30	1,35	1,30	1,35	1,30	1,34	1,18
TP-66-KDF-007	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V6	4700	1,22	1,22	1,22	1,22	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
TP-66-KDF-008	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V7	4700	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
TP-66-SHOT-002	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V8	4700	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
TP-66-SHOT-003	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V9	4700	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
TP-66-SHOT-005	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V10	4700	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
TP-66-SHOT-006	E	AF	Substituição de rolamentos	Risco V20V11	4700	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25

Figura 9: Checklist de atividades relacionadas as key centerlines da máquina.

3.4 Equipment Owner

A expressão "Equipment Owner" refere-se ao proprietário ou responsável por um equipamento em um ambiente industrial ou operacional. Essa pessoa tem a responsabilidade de garantir que o equipamento funcione corretamente e de maneira segura.

Para que a manutenção autônoma seja uma ferramenta útil e ajude nos procedimentos rotineiros, é fundamental que todos participem ativamente do processo.

Isso cria um sentimento de *empowerment* nos colaboradores. Isso permite que o equipamento (Figura 10), se divida em seções de acordo com o ponto de transformação da matéria-prima. Essas seções possuem responsáveis que ajudam a minimizar suas perdas, identificando erros e sugerindo soluções.

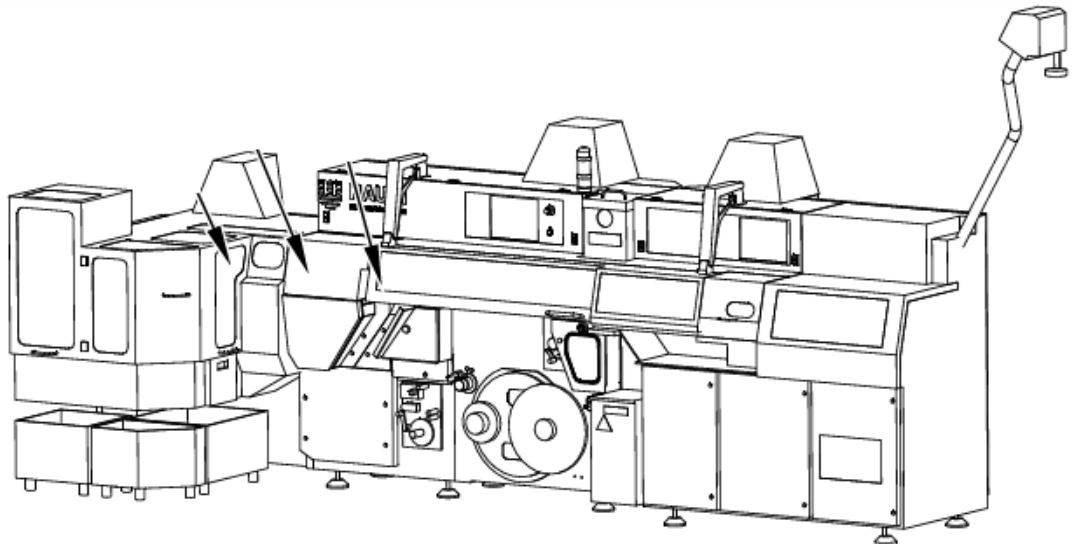


Figura 10: Seções da máquina

4 Discussão dos Resultados

4.1 Definição da *Baseline*

A preparação para iniciar a implementação da manutenção autônoma no módulo de produção estudado, exigiu a recolha da informação necessária para a caracterização do estado atual, de forma a criar a necessidade de realização do projeto. Sumariamente, esta etapa passou pela recolha de dados e análise das principais perdas, determinação do OEE da linha, a escolha de informação relativa a mesma, e também de todos os indicadores que são definidos como *baseline* pela estratégia da empresa. Por meio desses dados, são definidos os critérios de sucesso para implementação de cada passo da manutenção autônoma. Da investigação, constatou-se a importância de criar uma imagem positiva em torno do projeto, para evitar resistências iniciais. O período de análise abrangeu o mês de novembro do ano de 2023. Nesse período, a linha operou os 5 dias da semana a 3 turnos.

A partir da *baseline* foram calculados os indicadores iniciais do processo. Os resultados estão descritos na Tabela 1:

Tabela 1: Baseline geral da produção de filtros (Novembro, 2023)

Produção (milhões)	11,34
Tempo de trabalho (min)	3.111
<i>OEE (%)</i>	89,92
<i>Uptime (%)</i>	65,59
<i>PR (%)</i>	68,74
<i>MTBF (min)</i>	92
<i>MTTR (min)</i>	4,96
Tempo de paragem não planeado (%)	3,91
Tempo de paragem planeado (%)	23,55
Quantidade de paragens (#)	105
Quantidade de paragens/mio produção (#)	9
Rejeições (%)	0,59
Rejeições durante as paragens (%)	0,52
Mudanças de marca	3

Fonte: Própria autora

As perdas são analisadas pelo líder de processos da célula, que avalia o desempenho diário de produção (24 horas), através da *loss tree* (Figura 11), que capta as paragens que aconteceram no equipamento durante aquele período. Dessa forma, é medido o quanto cada área está impactando no desempenho do módulo. Essa definição, auxilia o líder de equipa a direcionar os operadores, para a tratativa correta das perdas.

Loss tree for Filter Maker - Hauni KDF3-EM										
Time range		Stops	Downtime	Uptime Loss	MTBF	MTR				
Calendar time		1440 min					2024-07-22 07:00 to 2024-07-23 07:00			
Missing data time		0 min								
Valid time		1440 min								
Excluded time		1249 min					Loss tree - Wiki			
Working time		191 min	Strat. PR=	92.2 %	179	1.8	Net production: 933.5 k, Theo. prod. at target speed : 1.013 Mio, Details by PQ			
Reference run time (= 3 hours)		179 min	Uptime=	88.0 %			Theo. prod. at design speed : 1.061 Mio, avg design speed of 5555 filters/min			
Theo production run time		176 min	Tact. PR=	92.2 %			Availability =99% ; Op. Efficiency = 97.7%			
Theo Production by PO		Time	Design speed		Target speed		Theo prod			
103010351 - 34 C35V - SW5 - 105 mm		191 min	5555 filters/min		5300.0 filters/min		Theo. prod. at Design speed : 1.061 Mio			
Line performance		Line failures	Run time		MTBF		Rejects [%]	Total line rejects (not refeed)		
Analysis of 1 machines		1 total	179		179	min	0.272	Total line reject losses= 2'543 filters		
Rate loss		Stops	Downtime	Uptime Loss	MTBF	MTR				
Design speed loss			8.1	4.23 %			Total rate loss: 5.28 %			
Target rate loss			2.0	1.04 %			Avg. speed of 5241 vs. avg. target speed of 5300 filters/min			
Not at Target Rate			0.3	0.153 %			Stable speed of 5291 filters/min (stable run time: 173 min)			
Start-up/Ramp-down rate loss			1.7	0.891 %			During ramp-up/down: 3670 filters/min (6 min)			
Low speed events ("Touch on Run")		0 total	0 min		0	min	0	Number, duration, period and reject rate of run events below target of 5300 filters/min		
Quality Loss		Stops	Downtime	Uptime Loss	MTBF	MTR	Rejects [%]			
Reject losses			0.5	0.251 %			0.272	The rejects % includes the downstream machines rejects		
Rejects on reference			0.5	0.251 %			0.272	2'543 filters		
Reject losses during run (incl. low speed events)			0.1	0.036 %			0.039	363 filters		
Reject losses due to stops (incl. start-up/ramp-down)			0.4	0.215 %			0.233	2'180 filters		
Rejects after reference			0.0	0 %			0	0 filters		
Planned		Stops	Downtime	Uptime Loss	MTBF	MTR				
Planned downtime		1	10.7	5.60 %			10.7			
Other 2024-07-22 19:29		1	10.7	5.60 %			10.7	RC '608.2.1': New Burden : fardo resto		
Unplanned		Stops	Downtime	Uptime Loss	MTBF	MTR				
Unplanned downtime		1	1.8	0.916 %	179	1.8	Total line: 1 stops			
Shift 2		0	0.0	0 %	510	0.0				
Shift 3		1	1.8	0.916 %	174	1.8				
Shift 1		0	0.0	0 %	0	0.0				
Unplanned downtime per Category		1	1.8	0.916 %	179	1.8				
300		1	1.8	0.916 %	179	1.8	Minor Stops 301 + Assigned in the VL + Not assigned in MES + Not assigned due to SPA & MES use different logics			
Unplanned long stops (> 10 min)		0	0.0	0 %	0	0.0				
Breakdown (> 10 min)		0	0.0	0 %	0	0.0				
Process failures (> 10 min)		0	0.0	0 %	0	0.0				
Low volume events		0			0	0.0	Run events with produced volume below minimum threshold			
Unplanned machine stop reasons (ordered by stop count)		Stops	Ramp-up	Downtime	Uptime Loss	MTBF	MTR	Rejects [%]	Stops per shift	Causing equipment
BOB Carregador de bobinas não operacional		1	0	1.8	0.916 %	179	1.8	0.063	1	Filter Maker - Code.161153050

Figura 11: Exemplo de Loss Tree

Além dos indicadores, OEE, MTBF, também foram avaliadas as principais paragens do módulo que são responsáveis por 80% das perdas que este apresenta. As paragens foram avaliadas por um período de 6 meses (Dezembro/2023 a Maio/2024) e estão descritas na Tabela 2 e Tabela 3, que também apresenta o impacto na eficiência do módulo.

Tabela 2: Principais paragens do módulo em estudo (Duração %)

Stop Description	Filter Making 71-PT01	Total
KDF MONITORIZAÇÃO DINÂMICA DA MECHA	2,077%	2,077%
HK CONGESTIONAMENTO À SAÍDA	0,576%	0,576%
BOB CARREGADOR DE BOBINAS NÃO OPERACIONAL	0,565%	0,565%
MÁQUINA DE LIGAÇÃO NÃO ESTÁ OPERACIONAL	0,387%	0,387%
HK RUPTURA DA MECHA	0,296%	0,296%
BOB AVARIA	0,242%	0,242%
PARAGEM MANUAL	0,196%	0,196%
KDF RUPTURA DO PAPEL	0,129%	0,129%
KDF RECIPIENTE COLA TEMPERATURA LIBERTAÇÃO	0,042%	0,042%
MISSING DATA	0,027%	0,027%
MÁQUINA LIGADA	0,021%	0,021%
BOMBA DOSIFICADORA DE TRIACETINA DA AF	0,018%	0,018%
MÁQUINA DE LIGAÇÃO PARAGEM PROGRAMADA	0,018%	0,018%
HK TRANSFER CHOKE-UP	0,016%	0,016%
KDF BOMBA DE COLA P/COST.	0,005%	0,005%
CONSECUTIVE FULL REJECTION	0,004%	0,004%
AF ESCOVA INFERIOR ERRO DE SINCRONIZAÇÃO	0,003%	0,003%
Total	4,621%	4,621%

Os resultados apresentados na tabela, evidenciam uma análise das paradas de produção em uma linha de fabricação de filtros de cigarros. Cada uma das paradas descritas, indica um motivo específico de interrupção do processo produtivo, com percentuais associados a cada motivo. Esses percentuais refletem o impacto relativo de cada paragem sobre o desempenho total da linha de produção, representando os principais fatores que comprometem a eficiência e produtividade.

A eficiência da linha é fundamental para garantir uma produção contínua e de alta qualidade, minimizando desperdícios e maximizando a capacidade de entrega. Quando há paragens, como as indicadas na tabela, o fluxo de produção é interrompido, levando a perdas de produtividade. Cada motivo de parada, desde problemas técnicos como "KDF MONITORIZAÇÃO DINÂMICA DA MECHA" até questões operacionais como "PARAGEM MANUAL", contribui para o aumento do tempo de inatividade, afetando diretamente os principais indicadores de performance, como o *OEE*, que mede a eficiência global dos equipamentos.

Cada motivo de paragem registado reflete ineficiências que, se não tratadas, podem reduzir a capacidade produtiva global da fábrica. Por exemplo, "BOB CARREGADOR DE BOBINAS NÃO OPERACIONAL" sugere um problema com o abastecimento de materiais, o que pode causar uma desaceleração da produção e aumentar o tempo de ciclo dos produtos.

A "PARAGEM MANUAL" é outro exemplo crítico, pois pode indicar que a intervenção humana na linha é frequente, o que não só reduz a automatização como também pode aumentar o risco de erros operacionais.

Tabela 3: Principais paragens do módulo em estudo (Número)

Stop Description	EQUIPAMENTO 1	Total
KDF MONITORIZAÇÃO DINÂMICA DA MECHA	440,00	440,00
HK CONGESTIONAMENTO À SAÍDA	104,00	104,00
MÁQUINA DE LIGAÇÃO NÃO ESTÁ OPERACIONAL	84,00	84,00
BOB CARREGADOR DE BOBINAS NÃO OPERACIONAL	79,00	79,00
BOB AVARIA	60,00	60,00
HK RUPTURA DA MECHA	60,00	60,00
PARAGEM MANUAL	31,00	31,00
KDF RUPTURA DO PAPEL	18,00	18,00
KDF RECIPIENTE COLA TEMPERATURA LIBERTAÇÃO	5,00	5,00
HK TRANSFER CHOKE-UP	4,00	4,00
BOMBA DOSIFICADORA DE TRIACETINA DA AF	3,00	3,00
CONSECUTIVE FULL REJECTION	3,00	3,00
MÁQUINA DE LIGAÇÃO PARAGEM PROGRAMADA	2,00	2,00
AF ESCOVA INFERIOR ERRO DE SINCRONIZAÇÃO	1,00	1,00
KDF BOMBA DE COLA P/COST.	1,00	1,00
MÁQUINA LIGADA	1,00	1,00
Total	896,00	896,00

Cada total de paragem, representa um custo de oportunidade significativo. O tempo em que a linha está parada, é tempo em que a empresa poderia estar produzindo mais filtros para atender à demanda. O impacto financeiro dessa perda, pode ser quantificado em termos de receitas não realizadas, além do custo adicional de retrabalho e manutenção corretiva. Que também podem gerar gargalos na cadeia de suprimentos.

Esses resultados evidenciam a importância da identificação e mitigação de paragens não planejadas na linha de produção. Ao tratar e resolver as causas principais dessas paragens, a empresa pode melhorar significativamente os indicadores de performance da linha, como o OEE, e aumentar sua eficiência produtiva. A análise e correção desses problemas são essenciais para melhorar a utilização dos recursos, reduzir custos e melhorar a competitividade no mercado. Portanto, esses valores apresentados são fundamentais para a construção de um plano de melhoria contínua que alinhe a produção às melhores práticas operacionais com a implementação da manutenção autônoma, um dos pilares do *TPM*.

4.2 Implementação do Passo 1 - Ferramentas

No passo 1 da Manutenção Autônoma, foram desenvolvidas algumas ferramentas de análise de causa raiz, a fim de apontar e auxiliar os operadores, a identificarem e solucionarem os problemas encontrados durante a produção. As ferramentas de manutenção autônoma no passo 1 foram o *Safety Map*, *Initial Problem Solving* (IPS), *One Point Lesson* (OPL).

4.2.1 *Safety Map*

A criação do *Safety Map* foi um processo essencial, para garantir a segurança dos trabalhadores e do ambiente de trabalho. O objetivo foi identificar e controlar os possíveis riscos específicos da interação homem-máquina, de acordo com a fonte de energia, além de apresentar quando o potencial risco pode acontecer e como o mesmo pode ser controlado, garantindo a segurança dos trabalhadores e a conformidade com normas de segurança.

É uma ferramenta visual utilizada para identificar, avaliar e comunicar os riscos e perigos presentes na área de trabalho para facilitar a identificação de áreas de risco, e promover práticas de segurança eficazes. O mapa apresenta de forma clara as fotos e

identificações das áreas da máquina, que podem representar riscos para a segurança dos trabalhadores. Isso pode incluir locais com equipamentos perigosos, materiais inflamáveis, zonas de alto tráfego de máquinas, entre outros. Inclui símbolos e legendas que identificam diferentes tipos de perigos, como riscos elétricos, quedas, exposição a substâncias químicas, entre outros. Esses elementos são usualmente codificados por cores para facilitar a identificação rápida.

Pode incluir direções para rotas de evacuação, localizações de equipamentos de segurança e equipamentos de proteção individual que devem ser utilizados naquela área. Serve como uma ferramenta educativa para os trabalhadores, aumentando a conscientização sobre os perigos presentes no ambiente de trabalho e as medidas preventivas que devem ser tomadas.

O *Safety Map*, apresentado na Figura 12, deve ser atualizado regularmente para refletir quaisquer mudanças no ambiente de trabalho, como a instalação de pontos de melhoria ou a modificação de processos que possam alterar os riscos existentes.



Department: Fibros Equipment: F71 KDF-3E 12/10/2023

Número	Sub-Equipamento	Fonte de Energia	Risco	Quando	Tipo de Controle	Sinalética de Perigo	Sinalética EPIs/LOTO	
							São aplicáveis os EPIs obrigatórios nas áreas produtivas: 	
1	a	Unidade de mudança (Prato)	Mecânico	Entalamento Partes em movimento	- Quando não é possível utilizar o Bob	Controle administrativo: - Sinalética (Máquina em movimento)		
	b	Unidade de mudança (mudança da bobine)	Mecânico	Entalamento Corte	- Quando o Bob não está em funcionamento	Controle administrativo: - Sinalética (Entalamento, Corte)		
	c	Unidade de Mudança - Geral	Ergonomia	Postura	- CIL - Mudança de papel - Diversas necessidade de manuseamento	N/A	N/A	
2	a	Unidade hotmet	temperatura	Queimadura	- CIL	Controle administrativo: - Sinalética (Superfícies Quentes)		
3	a	Zona de formação (funil)	Mecânico	Corte	Limpeza de de funil e início da zona de formação	Controle administrativo: - Sinalética (Entalamento)		
	b	Ferro de secagem	Mecânico	Entalamento	- CIL - Mudanças de marca	Controle de engenharia: - Botão para descer a parte de cima que só permite a descida quando está a ser primido Controle Administrativo: - Sinalética (Entalamento)		
	c	Zona de pré aquecimento da zona de secagem	Térmico	Superfície com temperatura elevada	- CIL - Mudanças de marca	Controle administrativo: - Sinalética (Superfícies Quentes)		

Figura 12: Safety Map

4.2.2 Initial Problem Solving

O IPS é a ferramenta de análise inicial de problemas e consiste em um formulário que auxilia o operador, técnico e líder de processo a encontrar a causa raiz de um problema que a máquina esteja a apresentar. Os gatilhos para utilizá-lo podem ser: números de paragens esteja acima do *target*; defeitos de qualidade ou segurança; baixa performance e rejeições acima do *target*. Nesse momento o *Equipment Owner*

começa a análise, seguindo o formulário padrão. Após sua utilização o IPS é encaminhado para o líder de processos, responsável por avaliar as contramedidas sugeridas, para evitar que a falha aconteça novamente e é responsável pela implementação da mesma. Essa ferramenta deve ser utilizada em conjunto com toda a equipe que trabalha naquele determinado equipamento, incluindo operadores técnicos de manutenção e o líder de processo.

Para fazer o encerramento do IPS, o líder de processos valida as ações e contramedidas realizadas com o operador do equipamento. Eles monitorizam se o problema inicial foi sanado por meio da evolução das paragens que acontecem diariamente. O IPS só é encerrado com a criação de uma contramedida, que pode ser uma tarefa de CIL, uma atualização de *Centerline*, um novo plano de manutenção ou uma formação específica para a equipa. A Figura 13 apresenta o formulário da ferramenta de análise inicial do problema, onde mostra os passos que o operador precisa seguir, para realizar a análise do problema do equipamento.

Figura 13: Initial Problem Solving

O Formulário do IPS, é composto de perguntas que auxiliam o colaborador a mapear e identificar a causa raiz do problema. No seu cabeçalho constam as primeiras informações que o operador precisa responder, que verificam se o equipamento se

encontra dentro das especificações estabelecidas de limpeza, lubrificação e ajuste padrão.

4.2.3 *One Point Lesson*

A OPL é uma forma de documentação simples e eficaz para transmitir conhecimentos e instruções específicas sobre um único tema ou ponto. É uma ferramenta usada para comunicar a equipa sobre melhorias, novos processos, mudanças em CIL, *Centerline*, padrão de segurança e acidentes. São curtas e concisas, com o objetivo de transmitir a informação de forma rápida e eficaz. Normalmente, é limitada a uma única página.

Ela apresenta o método para realizar a tarefa, a frequência e o porquê a melhoria que é necessária implementar. Dessa forma, o colaborador consegue compreender o objetivo da atividade que ele deve realizar. Essa ferramenta, apresentada na Figura 14, também é utilizada quando se tem mudança em algum processo, para que todos os colaboradores do módulo tenham conhecimento. A transferência de informação é comprovada devido a uma assinatura no documento.







Índice OPL and TI		ONE POINT LESSON		Válido a partir de:	
Assunto:			Lubrificação do quadro niples no cabeçote de corte		
Preparado por:			SME Técnico:		Conde, Rodrigo
Área:			SME Qualidade:		0
Referência SOP/ WIKI #:			SME EHS:		0
			Validado por:		Operador & Técnico
			Funções Impactadas:		
Perda: Corte incorreto do Filtro					
Safety (especificar EPIs necessários para fazer as atividades):			Qualidade (possível impacto na Qualidade no produto resultante da execução desta tarefa):		
Luva Anti-corte  BONE DE PROTEÇÃO  <small>Em caso de dúvida consultar Lista de EPI's áreas produtivas no Safety Wall ou a Equipe de EHS</small>			Contaminação do produto com óleo		
Fotografia da área envolvida (se aplicável): Breve descrição da atividade/tarefa (não mais do que 4 passos):					
1- Preparar a bomba de massa NBU-12. 					
2- Abrir resguardo do cabeçote, retirar tampa e limpar o seu interior com aspirador 		3- Colocar com a bomba da massa de lubrificação nos respectivos 4 copos de lubrificação do cabeçote.		4- Limpar algum excesso da massa que possa ter saído fora e fechar a tampa do cabeçote.	

Figura 14: One Point Lesson - OPL

4.3 Implementação Passo 2 - Eliminar Fontes de Contaminação e áreas de difícil acesso

Durante essa fase, foram realizado o mapeamento dos pontos de contaminação e as áreas de difícil acesso das máquinas. Esses pontos prejudicavam a vida útil do equipamento pois eram pontos que causam sujidade excessiva e, conseqüentemente, de mais paragens não planeadas. Nesse estágio, além da identificação dessas áreas, são estudadas mitigações e formas de eliminação destas. Os operadores utilizam os mapas de contaminação (SOC MAP), e mapa de áreas de difícil acesso (HTRA MAP) para definir quais modificações serão implementadas nas máquinas para eliminação

da contaminação e das áreas de difícil acesso. As Figuras 15 e 16 apresentam os mapas de contaminação e de áreas de difícil acesso referente a duas situações, respetivamente.



Figura 15: Source of Contamination (SOC)

AM Source of Contamination matrix v1
HARD TO REACH AREAS



Factory: Tabaqueira
 Line: Filters 71
 Equipment: KDF

LOW 1
 MEDIUM 2
 HIGH 3

Legend:	Safety	Ergonomy	Time to execute
Frequency #			
Semanal	1	1	1
Diária	2	2	2
Turno	3	3	3
400h			



#	1	2	3	4	5	6	7	8
	Activity	Location	Frequency	Safety	Ergonomy	Time to Execute	Priority	Execution Status
1	Substituição da bomba de hotmelt	Por baixo do pote de hotmelt	2 Anos	3	2	2	12	
	Substituição do ventilador KDF	Porta de trás da KDF na zona de aceleradores	> Ano	3	2	2		
2	Trocar tubagem pneumática dos aplicadores	Por trás da KDF junto à engrenagem auxiliar	> Ano	2	2	2	8	
	Substituição da engrenagem auxiliar	Zona traseira da KDF junto a bomba de óleo	> Ano	3	3	3		
3	Colocação da fita de formação na zona do tambor expansivo	Mesa de formação	Turno	1	2	1	2	
4	Limpeza Mós de afilamento (Inferior)	Cabeçote de Corte	Turno	2	2	2	8	
5	Limpar rolo da fita de formação (acesso pelo tambor expansivo)	Mesa de formação (tambor expansivo)	Turno	2	2	1	4	
6	Inspeccionar rolo meia cana fita de formação	Mesa de formação	Turno	1	2	1	2	
7	Inspeccionar zonas de óleo	Por trás do rolo expansivo	Turno	2	2	3	12	
8	Limpeza dos tubos de sucção da calha e aceleradores (luminosidade)	Trazeira da KDF	Turno	1	2	3	6	
9	Verificar conta-voltas dos aplicadores Hot-melt e PVA rolrogo	Zona de aplicadores	Turno	1	2	1	2	Done

Figura 16: Hard to Reach Areas (HTRA)

4.4 Implementação passo 3 – Gestão de Lubrificação

Na implementação do passo 3, é criado o mapa de lubrificação do equipamento que indica com que frequência, como e em qual quantidade os equipamentos precisam ser lubrificados. Esses padrões foram estabelecidos, de acordo com o guia de lubrificação desenvolvido pelo pilar de manutenção preventiva, levando em consideração as recomendações do fabricante. Também foram identificados nas máquinas as gestões visuais, que indicam que tipo de lubrificante deve ser usado.

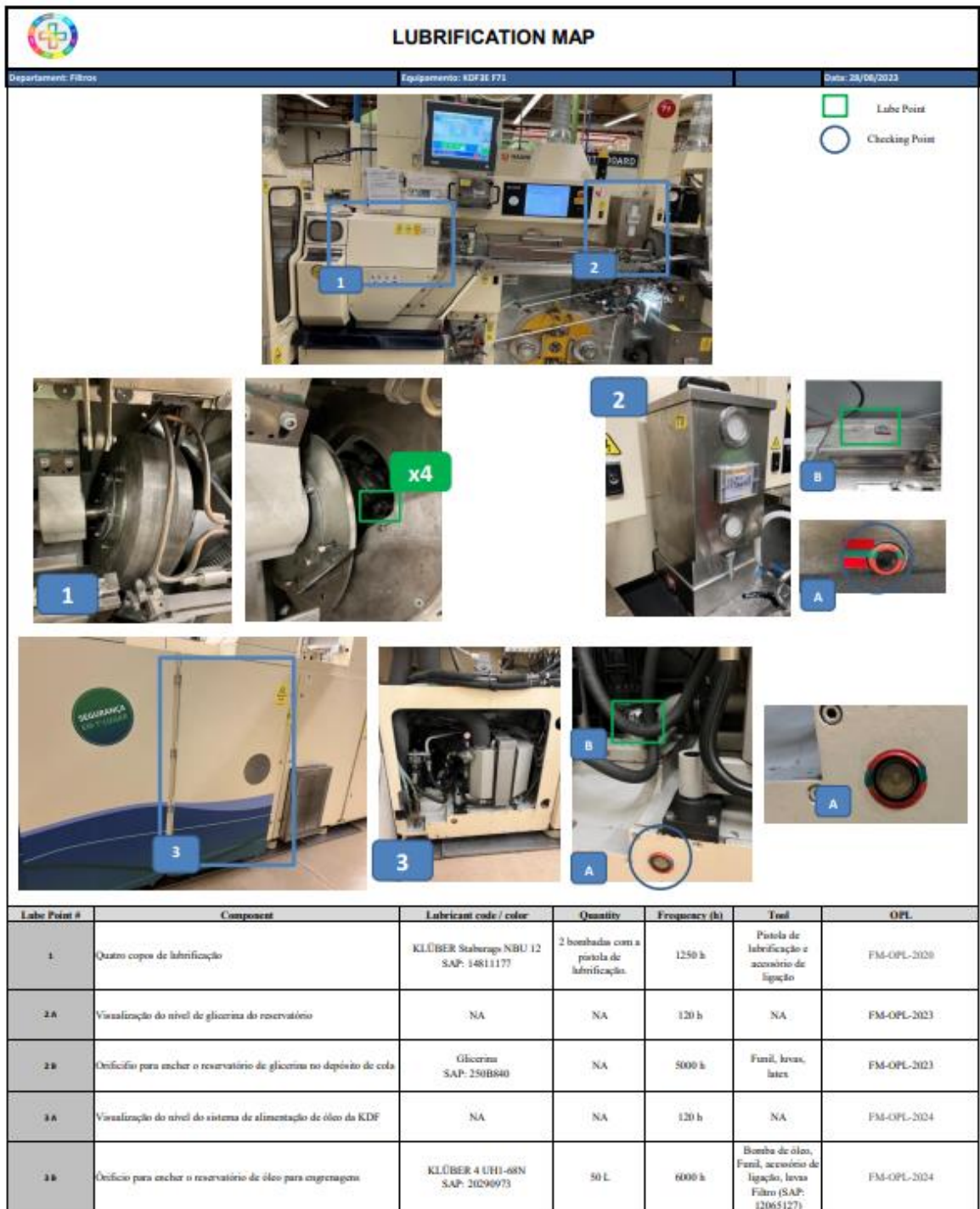


Figura 17: Lubrication Map

O mapa de lubrificação, apresentado na Figura 17, direciona o colaborador na execução das atividades de lubrificação. Ele também é uma ferramenta que o líder de manutenção gere, além de ser o responsável por fornecer e organizar os armários de lubrificação com todos os insumos necessários para a realização de atividades, sejam eles lubrificantes, graxas ou equipamentos como os funis para que a atividade seja realizada.

4.5 Discussão dos resultados

Com base nos dados apresentados na Tabela 4, é possível realizar uma análise detalhada da evolução dos indicadores de desempenho ao longo dos meses de dezembro/2023 a maio/2024 e pode-se discutir cada um dos principais indicadores.

Tabela 4: Evolução dos resultados ao longo dos meses

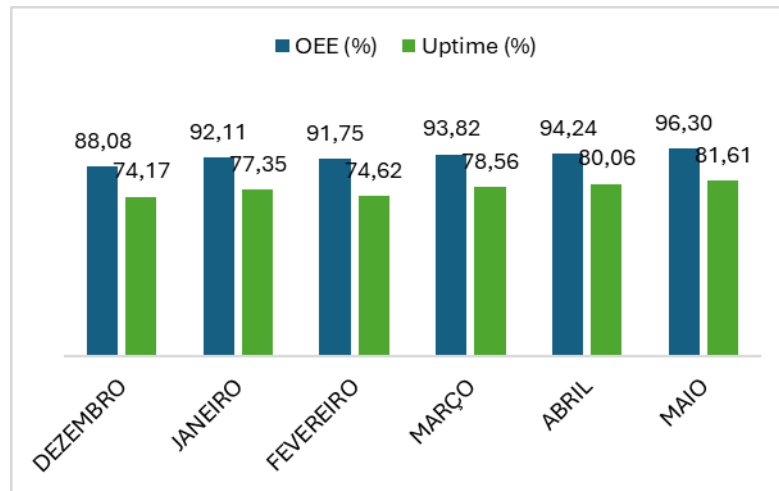
<i>Ano</i>	2023	2024				
<i>Mês</i>	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO
Produção (mio)	3,57	15,38	14,47	19,00	18,41	22,05
Tempo de trabalho (min)	867	3.579	3.490	4.354	4.139	4.863
OEE (%)	88,08	92,11	91,75	93,82	94,24	96,30
Uptime (%)	74,17	77,35	74,62	78,56	80,06	81,61
PR (%)	77,74	81,07	78,21	82,34	83,91	85,54
MTBF (min)	40	66	75	70	98	160
MTTR (min)	4,32	4,55	5,61	4,45	5,01	4,63
Tempo de paragem não planeado (%)	8,55	5,69	5,94	4,60	4,35	2,49
Tempo de paragem planeado (%)	11,74	11,99	14,75	12,24	10,96	11,18
Quantidade de paragens (#)	76	198	153	199	154	116
Quantidade de paragens/mio produção (#)	21	13	11	10	8	5
Rejeições (%)	0,47	0,49	0,73	0,35	0,28	0,38
Rejeições durante as paragens (%)	0,42	0,33	0,27	0,24	0,22	0,17
Mudanças de marca	24	9	21	11	7	22

Fonte: Própria autora

Observa-se que a produção mensal aumentou de 357 milhões de unidades em dezembro, para 2.205 milhões em maio. Este aumento significativo indica uma melhoria na capacidade produtiva e na eficiência das operações. O tempo de trabalho aumentou de 867 minutos para 4.863 minutos, por uma utilização mais intensiva dos equipamentos e, também, uma maior demanda de produção. O aumento no tempo de trabalho, também está associado a uma redução de paragens não planeadas.

O OEE melhorou de 88,08% para 96,30%, como observado no Gráfico 1, indicando uma maior eficácia geral dos equipamentos. Esta métrica combina disponibilidade, desempenho e qualidade, sendo que os equipamentos estão operando de forma mais eficiente, com menos paragens e uma produção de alta qualidade. Já o *uptime*, também apresentado no Gráfico 1, que mede a disponibilidade dos equipamentos, aumentou de 74,17% para 81,61% que reflete uma redução nas interrupções e uma maior confiabilidade dos equipamentos, que também é observado na disponibilidade operacional por ter um aumento de 7,8% durante os meses analisados, indicando uma melhoria na capacidade dos processos de operar de forma consistente e sem falhas.

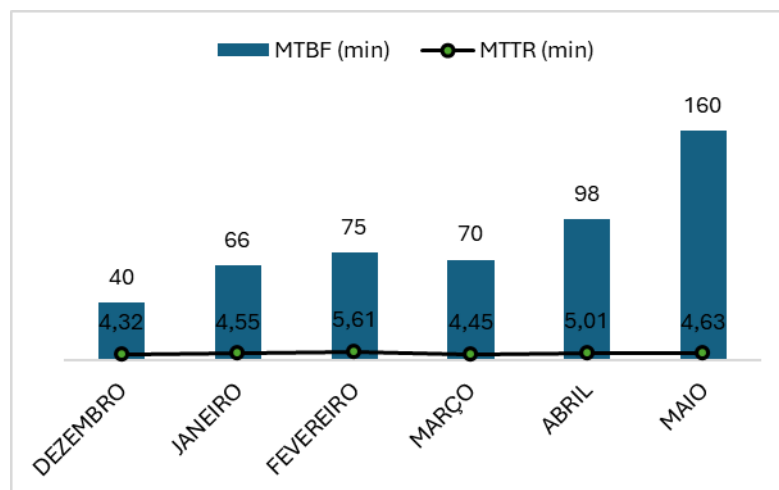
Gráfico 1: Evolução de OEE (%) e Uptime (%)



Fonte: Própria autora

O MTBF aumentou significativamente de 120 minutos, como mostrado no Gráfico 2, indicando que os equipamentos estão funcionando por períodos mais longos entre falhas, reflexo do aumento de *uptime*. Pode-se observar no mesmo gráfico, as variações do MTTR ao longo dos meses, terminando em 4,63 minutos em maio. Embora o tempo de reparo não tenha diminuído de forma constante, a estabilização do MTTR, juntamente com o aumento do MTBF, indica que as manutenções estão sendo realizadas de maneira mais eficaz.

Gráfico 2: Evolução de MTBF (min) e MTTR (min)

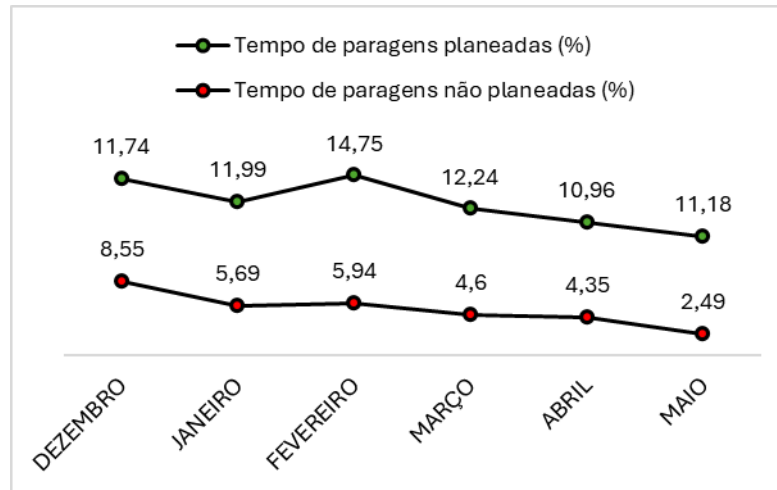


Fonte: Própria autora

Houve uma redução no tempo de paragens não planeadas de 8,55% para 2,49%, enquanto o tempo de paragens planeadas manteve-se relativamente estável, como mostrado no Gráfico 3. Esse resultado mostra que as tarefas padrões continuaram a ser realizadas dentro dos tempos determinados. A redução nas paragens não

planeadas, é um dos principais indicadores do sucesso das práticas de manutenção autônoma, assim como a taxa de rejeição de produtos, indicando uma melhoria na qualidade do processo de produção e uma redução nas falhas de qualidade.

Gráfico 3: Tempo de paragens planeadas e não planeadas (%)



Fonte: Própria autora

Os dados indicam uma melhoria geral na eficiência operacional, disponibilidade e qualidade dos produtos ao longo dos seis meses analisados. A implementação de práticas de manutenção autônoma e a aplicação dos princípios *Lean*, contribuíram significativamente para esses resultados positivos.

5 Considerações Finais

5.1 Conclusão

O trabalho apresentou uma análise crítica da implantação dos passos 1, 2 e 3 da manutenção autônoma, um dos pilares do TPM, numa indústria de tabaco, mostrando as melhorias obtidas com a implementação da metodologia e as falhas que aconteceram ao longo desse processo. Ao término do estudo de caso, pode-se concluir que o processo trouxe vários benefícios para a empresa. O tratamento das falhas, a interação entre os operadores e mantenedores e o foco maior no desempenho das máquinas, ocasionou uma grande evolução nos indicadores do processo. Na análise de resultados da linha de produção, foi percebido um aumento de 6,38% na Eficiência Operacional ao longo dos seis meses estudados. O ganho de eficiência operacional, se reflete no ganho de disponibilidade operacional, que apresentou uma evolução de 16,8 %. Foi verificado também que houve uma redução no tempo de paragens não planeadas de 12,37%, e conseqüentemente, uma diminuição das rejeições referente à essas mesmas paragens, contabilizando uma redução de 0,35% entre os meses de novembro a maio de 2024.

Os resultados analisados colaboram de forma positiva, para a afirmação de que a Manutenção Produtiva Total tem o objetivo de manter o equipamento em funcionamento, o que resulta em menor quantidade de perdas e, por sua vez, eleva o rendimento da operação. A descrição das atividades da equipa de gestão autônoma e a análise dos indicadores, reforçam a afirmativa de que uma importante característica do TPM é a incorporação das atividades dos grupos autônomos, e que devem haver metas para que os mesmos trabalhem com um único foco.

Os gestores entrevistados avaliaram de forma positiva a participação da equipa para o desenvolvimento das atividades do pilar de manutenção autónoma, entretanto, concordam que esse aspecto é uma lacuna deficiente no processo e precisa ser melhorado. Os desafios verificados para a manutenção dos resultados estão também associados ao nível de capacitação e participação dos membros da equipa. A recomendação deixada na conclusão desse trabalho, foi a de aumentar o tempo de capacitação da liderança e dos demais colaboradores, para que se tornem multiplicadores de conhecimento e de sustentação dos resultados obtidos.

5.2 Limitações da Implementação da Manutenção Autônoma

Existem algumas limitações para a implementação dos passos da manutenção autónoma. Como primeiro ponto observado, o treinamento e a capacitação dos operadores e técnicos teve de ser intensivo, 3 horas semanais, para que os mesmos assumam responsabilidades de manutenção, pois podem não estar dispostos ou ser capazes de realizar essas tarefas.

Isso exige uma mudança cultural, onde eles se veem não apenas como utilizadores de equipamentos, mas também como responsáveis por sua manutenção. Alguns operadores podem resistir a assumir tarefas de manutenção, especialmente se não virem valor ou se sentirem inadequadamente treinados.

Manter o equilíbrio entre a necessidade de produção e as atividades de manutenção pode ser considerado o ponto mais importante e desafiador, especialmente em ambientes de alta demanda. Sendo assim, esse processo requer supervisão constante, para garantir que os procedimentos sejam seguidos corretamente e que as tarefas de manutenção sejam realizadas de maneira eficaz.

5.3 Trabalhos futuros

Espera-se que o trabalho realizado, com o passar de 6 meses, possa resultar ainda mais em resultados positivos para a companhia, dando continuidade nos passos futuros de manutenção autónoma, a fim de consolidar o passo 7 (Gestão Autónoma), onde se busca garantir a sustentabilidade e estabilidade dos outros processos implementados. Esse estágio final, visa assegurar que as práticas de manutenção autónoma se tornem parte integrante da cultura organizacional, com todos os operadores capacitados e comprometidos com a manutenção de seus equipamentos. Assim, o objetivo é criar uma base sólida para a melhoria contínua, onde a excelência

operacional é mantida e aprimorada constantemente, garantindo a longevidade e eficiência dos processos produtivos.

Outra sugestão de trabalhos futuro, pode-se desenvolver um estudo sobre a introdução dos conceitos de modelos e métodos matemáticos no pilar de Manutenção Planeada, alinhada com a filosofia de gestão *Lean*, visando suprir a lacuna deixada pelo TPM, na gestão das políticas de manutenção.

Referências bibliográficas

- Almeida, D., Carvalho, H., Machado, V. H., & Barroso, A. P. (2015). Índice para avaliação do grau de implementação de práticas de gestão. *TMQ – Techniques, Methodologies and Quality, Número Especial*, 17.
- Andrade, F. F. D. (2003). *O método de melhorias PDCA*. [Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo].
<https://doi.org/10.11606/D.3.2003.tde-04092003-150859>
- Andrade, R. M. (2019). *Manutenção autônoma—Benefício do roteiro eletrônico de inspeção do operador* [Mestrado em Ciências Empresariais]. Universidade Fernando Pessoa.
- Araujo, C. A. C. D., & Rentes, A. F. (2006). A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. *Revista Gestão Industrial*, 2(2), 10.
<https://doi.org/10.3895/S1808-04482006000200008>
- Arohman, A. W., Agus, M., Solahhudin, & Agustin, D. (2024). Analisis Preventive Maintenance pada Mesin Injection Molding dengan Metode Mean Time Between Failure dan Mean Time to Repair di PT. XZY. *Journal Serambi Engineering*, 9(1), Artigo 1.
<https://doi.org/10.32672/jse.v9i1.720>
- Cabral, J. P. S. (2008). *Organização e gestão da manutenção: Dos conceitos à prática* (6º ed). Lidel, D.L.
- Campos, R. (2005). *A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total*. 3, 12.
- Engelmann, B., Schmitt, S., Miller, E., Bräutigam, V., & Schmitt, J. (2020). Advances in Machine Learning Detecting Changeover Processes in Cyber Physical Production Systems.

- Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 4(4), 108.
<https://doi.org/10.3390/jmmp4040108>
- Esteves, C. D. S. (2017). *Implementação da Manutenção Produtiva Total numa Indústria Alimentar* [Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica]. Universidade do Porto.
- Gomes, D. D. (1998). *Aplicando 5S na gestão da qualidade total* (1º ed). Pioneira.
<https://app.bczm.ufrn.br/home/#/item/22845>
- Guedes, M., Figueiredo, P. S., Pereira-Guizzo, C. S., & Loiola, E. (2021). The role of motivation in the results of total productive maintenance. *Production*, 31, 14.
<https://doi.org/10.1590/0103-6513.20200057>
- Isniah, S., Purba, H. H., & Debora, F. (2020, agosto 1). *Plan do check action (PDCA) method: Literature review and research issues | Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*. 10.
- Nakajima, S. (1988a). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
<https://books.google.pt/books?id=XKc28H3JeUUC>
- Nakajima, S. (1988b). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance* (Ilustrada, Vol. 4). Productivity Press. <https://books.google.pt/books?id=XKc28H3JeUUC>
- Nakajima, S. (1988c). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance* (Ilustrada, Vol. 4). Productivity Press. <https://books.google.pt/books?id=XKc28H3JeUUC>
- Nakajima, S. N. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance Preventative Maintenance Series*. Productivity Press.
- Pinheiro, L. M. P., & Toledo, J. C. D. (2016). Application of lean approach in the product development process: A survey on Brazilian industrial companies. *Gestão & Produção*, 23(2), 320–332. <https://doi.org/10.1590/0104-530x1313-15>
- Pinto, C. V. (2002). *Organização e gestão da manutenção*. MONITOR.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean—A Filosofia das organizações: Vencedoras* (6º ed). LIDEL. <https://books.google.pt/books?id=iEZQvgAACAAJ>
- Ribeiro, P. (2023). *Gestão Industrial: Implementação da ferramenta TPM em uma indústria de café* [Mestrado em Inovações Tecnológicas]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- San, S., & Purba, H. (2021). A Systematic Literature Review of Total Productive Maintenance On Industries. *PERFORMA Media Ilmiah Teknik Industri*, 20(2), 97–108.
<https://doi.org/10.20961/performa.20.2.50087>

- Shirose, K. (1997). *TPM: Total Productive Maintenance: New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries*. Japan Institute of Plant Maintenance.
- Silva, E. K. F. da, & Santos, V. A. dos. (2022). *Aplicação da manutenção autônoma para melhoria de processos: Estudo de caso em uma indústria alimentícia*. [Bacharel em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Uberlândia]. <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/36374/1/Aplica%c3%a7%c3%a3oManuten%c3%a7%c3%a3oAutonoma.pdf>
- Sousa, N. J. P. e. (2013). *Aplicação da Metodologia Lean no Serviço de Manutenção de uma Empresa Alimentar* [Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa]. https://run.unl.pt/bitstream/10362/10904/1/Sousa_2013.pdf
- Tomioka, A. M., Leite, J. D. S., Neves, J. M. S., & Silva, M. L. P. (2020). A Filosofia Lean na Indústria Brasileira: Revisão da Literatura. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 11823–11843. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-154>
- Tsarouhas, P. (2007a). Implementation of total productive maintenance in food industry: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/13552510710735087>
- Tsarouhas, P. (2007b). Implementation of total productive maintenance in food industry: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/13552510710735087>
- Vitorino, F. M. C. (2011). *Preparação para a implementação do conceito TPM - Total Productive Maintenance—Na indústria cimenteira* [Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial]. Universidade Técnica de Lisboa.