



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**APLICAÇÃO DO MÍNIMO PRODUTO VIÁVEL PARA  
GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA  
METALÚRGICA DE SÃO LUÍS-MA**

**FÁBIO SOUZA MARTIN BERNAL**

**São Luís  
2023**



**FÁBIO SOUZA MARTIN BERNAL**

**APLICAÇÃO DO MÍNIMO PRODUTO VIÁVEL PARA GERENCIAMENTO DA  
MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA METALÚRGICA DE SÃO LUÍS-MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Mecânica como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador:

Prof. Dr. Andrei Bavaresco Rezende.

**São Luís  
2023**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Bernal, Fábio Souza Martin.

APLICAÇÃO DO MÍNIMO PRODUTO VIÁVEL PARA GERENCIAMENTO  
DA MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA METALÚRGICA DE SÃO LUÍS-MA /  
Fábio Souza Martin Bernal. - 2023.

58 p.

Orientador(a): Dr. Andrei Bavaresco Rezende.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica,  
Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, 2023.

1. Confiabilidade. 2. Gestão da manutenção. 3. Tipos  
de Manutenção. I. Rezende, Dr. Andrei Bavaresco. II.  
Título.

**FÁBIO SOUZA MARTIN BERNAL**

**APLICAÇÃO DO MÍNIMO PRODUTO VIÁVEL PARA GERENCIAMENTO DA  
MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA METALÚRGICA DE SÃO LUÍS-MA**

Trabalho aprovado. São Luís, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Andrei Bavaresco Rezende - UFMA/Orientador

---

Prof. Dr. Elson Cesar Moraes - UFMA/Engenharia Mecânica

---

Prof. Dr. Hélio Vitor Cantanhede da Silva - UFMA/Engenharia Mecânica

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar a agradecer infinitamente a Deus por sua misericórdia, pelo seu amor comigo e por me sustentar até aqui, sou mais do que vitorioso em Cristo Jesus.

Agradeço à minha mãe por seu amor, sua resiliência e virtudes, de igual modo, a educação e os ensinamentos repletos de exemplos práticos de integridade vem contribuindo desde sempre na jornada da minha vida, sem seu apoio não chegaria tão longe, tenho muito mais a caminhar ao seu lado.

Aos meus irmãos pela cumplicidade e respeito construídos ao longo da vida, o amor é recíproco aqui. Gostaria de estender os meus agradecimentos aos meus familiares, minha avó, meus tios, tias, primos e primas, pois me ajudaram a moldar quem sou hoje, família é para sempre.

Gostaria de agradecer aos meus amigos durante essa jornada acadêmica, Juan Castro que começou no curso comigo, sendo um gênio indomável que é, tornou-se resiliente e perseverante, sendo umas das minhas principais parcerias de sucesso, ao meu amigo Josean Lima por ser uma amizade incomparável, solidário e de sinergia única, não teria chegado até aqui sem ele. Existem demais colegas acadêmicos, amigos e professores que diretamente e indiretamente participaram da minha evolução do curso, sem cada interação, não teria chegado tão longe nesta instituição.

Agradeço também ao meu orientador, Dr. Andrei Rezende, por essa longa caminhada de desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, passando seus ensinamentos e auxílio para que esse trabalho pudesse ser concluído.

Por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer a minha namorada Larissa Feitosa, quem amo tanto, sendo uma inspiração para ser uma pessoa melhor, tendo um coração de ouro, demonstra todos os dias, se importar muito comigo e deseja sempre o melhor para mim, és uma mulher insubstituível entre todas as mulheres, obrigado por estar ao meu lado, seu sorriso é a melhor parte do meu sucesso, que nosso apoio mútuo e nossa determinação continuem para sempre, “eu te amo”.

*"O que conquistamos internamente modificará a realidade externa"(plutarco)*

## RESUMO

Esta produção acadêmica visa abordar de maneira qualitativa o sistema de gestão em empresa metalúrgica, por se tratar de uma assunto de grande importância e descrever quais estratégias de manutenção devem ser seguidas, devido a demanda por produtos e sistemas com melhores desempenhos a custos competitivos frente a economia globalizada. A confiabilidade dos produtos é fundamental nesse contexto, exigindo a redução da probabilidade de falhas e controle do sistema produtivo. Diversos tipos de manutenção são aqui abordados, como a corretiva, preventiva, preditiva, Manutenção Produtiva Total (TPM) e Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), cada uma com suas especificidades debruçando-se para a escolha mais adequada. A gestão eficaz da manutenção contribui para a garantia da confiabilidade, disponibilidade e desempenho dos ativos da empresa. A aplicação de instrumentos gerenciais, como ferramentas de qualidade e o uso de modelos como o PDCA, auxilia na melhoria contínua da manutenção. Nesse contexto, faz-se um estudo teórico, da utilização de conceitos de MVP (Minimum Viable Product), por meio de ferramenta como o Software MATLAB para auxiliar em processos burocráticos, organizacionais e para detecção de borda (indícios de descontinuidades e defeitos de inspeção) e as possibilidades através de microcomputadores como o raspberry pi, para o desenvolvimento de sistemas informatizados e aprimoramento de processos de gestão de manutenção, para aplicabilidade na empresa, obtendo feedback dos usuários e realizar ajustes necessários.

**Palavras-chave:** Gestão da manutenção, Confiabilidade, Tipos de Manutenção.

## **ABSTRACT**

This academic production aims to qualitatively address the management system in a metallurgical company, as it is a subject of great importance and describes which maintenance strategies must be followed, due to the demand for products and systems with better performance at competitive costs compared to globalized economy. Product reliability is fundamental in this context, requiring the reduction of the probability of failures and control of the production system. Various types of maintenance are covered here, such as corrective, preventive, predictive, Total Productive Maintenance (TPM) and Reliability Centered Maintenance (MCC), each with its specificities, focusing on the most appropriate choice. Effective maintenance management contributes to ensuring the reliability, availability and performance of the company's assets. The application of management instruments, such as quality tools and the use of models such as PDCA, helps in the continuous improvement of maintenance. In this context, a theoretical study is carried out, using MVP (Minimum Viable Product) concepts, proposed here through tools such as MATLAB Software to assist in bureaucratic and organizational processes and for edge detection (indications of discontinuities and inspection defects) and the possibilities through microcomputers such as the Raspberry Pi, for the development of computerized systems and improvement of maintenance management processes, for applicability in the company, obtaining feedback from users and making necessary adjustments.

**Keywords:** Maintenance management, Reliability, Types of maintenance.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curva da banheira ou curva de ciclo de vida de um equipamento. . .	10
Figura 2 – Relação entre fases do ciclo de vida e estratégias de manutenção. .	11
Figura 3 – Visão Geral da Manutenção de Equipamentos. . . . .	12
Figura 4 – Custos x Tempo x Investimento da manutenção corretiva. . . . .	14
Figura 5 – Custos x Tempo x Investimento da manutenção preventiva. . . . .	15
Figura 6 – Custos x Tempo x Investimento da manutenção preditiva. . . . .	16
Figura 7 – Diferenças entre manutenção preventiva e preditiva. . . . .	17
Figura 8 – Definição do melhor sistema de gestão da manutenção. . . . .	20
Figura 9 – O ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) é uma abordagem de quatro etapas para a melhoria contínua de processos, produtos e serviços, bem como para a resolução de problemas. Ele envolve testar sistematicamente soluções, avaliar os resultados e implementar as eficazes. . . . .	21
Figura 10 – 5W2H é uma ferramenta para elaboração de planos de ação que, por sua simplicidade, objetividade e orientação à ação. . . . .	23
Figura 11 – Processo evolutivo da empresa MEMPS. . . . .	29
Figura 12 – Estrutura do setor de manutenção da empresa MEMPS. . . . .	30
Figura 13 – Disposição física e de recursos do estoque da empresa MEMPS. . .	37
Figura 14 – Estoque da empresa. . . . .	37
Figura 15 – Disposição de materiais acumulados em pátios da empresa MEMPS.	38
Figura 16 – Diferentes materiais e equipamentos pela empresa. . . . .	39
Figura 17 – Estrutura para formação do Tag. . . . .	40
Figura 18 – Equipamento fixos e movimentação de carga: (a) Torno, (b) Calandra, (c) Guilhotina, (d) Máquina de Plasma (e) Ponte Rolante, (f) Pórtico Rolante, (g) Empilhadeira, (h) FAMTHE-fábrica móvel de tubos helicoidais. . . . .	42
Figura 19 – Fluxograma de Manutenção corretiva. . . . .	44
Figura 20 – Fluxograma de Manutenção preventiva. . . . .	45
Figura 21 – Microcontrolador e servidor local. . . . .	50
Figura 22 – Comunicação entre o Matlab e o Raspberry Pi. . . . .	51

Figura 23 – Detecção de borda usando a função de biblioteca MATLAB. . . . .	53
Figura 24 – Segmentação por Descontinuidade: Filtros Derivativos de 1ª e 2ª Ordem. . . . .	54
Figura 25 – Segmentação por vizinhança com correlação cruzada através da direção dos sinais. . . . .	55
Figura 26 – Segmentação por Descontinuidade morfológica. . . . .	55
Figura 27 – Implantando um algoritmo de detecção de borda no hardware Raspberry Pi. . . . .	56
Figura 28 – Código em MATLAB de ordens de serviços de Manutenção. . . . .	62
Figura 29 – Código em MATLAB de controle de estoque. . . . .	63
Figura 30 – Modelo de algoritmo para ordens de manutenção. . . . .	64
Figura 31 – Modelo de algoritmo para Estrutura de dados para armazenar informações de ordens de serviço. . . . .	65
Figura 32 – Modelo de algoritmo para controle de estoque. . . . .	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conceitos simples de cada "S". . . . .	33
Tabela 2 – PARTE 1 e 2 -Ferramenta de auxílio 5W2H para orientação do plano de ação do MPV de manutenção. . . . .	34
Tabela 3 – PARTE 1 e 2 -Ferramenta de auxílio 5W2H para orientação do plano de ação do MPV de manutenção. . . . .	35
Tabela 4 – TAG da empresa. . . . .	41
Tabela 5 – Tipificação de equipamentos. . . . .	42
Tabela 6 – Tipificação de equipamentos e o tipo de manutenção. . . . .	43

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
3.1	OBJETIVO GERAL	9
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>10</b>
4.1	Tipos de manutenção	12
4.1.1	Corretiva	13
4.1.2	Preventiva	14
4.1.3	Preditiva	15
4.1.4	Manutenção Produtiva Total - MPT (Total Productive Maintenance - TPM)	17
4.1.5	Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)	18
4.1.6	Gestão da Manutenção	19
4.1.7	O modelo PDCA	21
4.1.8	Plano de ação	22
4.1.9	Metodologia 5S	23
4.1.10	Fluxograma	24
4.1.11	Brainstorming	24
4.1.12	Análise de aplicabilidade do Minimum Viable Product (MVP)	24
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>27</b>
5.1	FERRAMENTAS DE ESTUDO	27
5.2	Análise de implementação	28
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>29</b>
6.1	Estudo de caso	29
6.1.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	29

<b>6.1.2</b>	<b>Levantamento e Análise do Panorama in loco</b>	<b>30</b>
6.2	Plano de Gestão de manutenção Sugerido	32
<b>6.2.1</b>	<b>Proposta de aplicabilidade do Minimum Viable Product (MVP)</b>	<b>49</b>
6.2.1.1	Detecção de borda usando função embutida no matlab para inspeção de equipamentos e suporte para manutenções preventiva e preditiva	52
6.2.1.2	Algoritmo de detecção de borda no hardware raspberry pi	55
6.2.1.3	Modelo de algoritmo de detecção de criar e listar ordens de manutenção	56
6.2.1.4	Modelo de algoritmo de informações de ordens de serviço	57
6.2.1.5	Modelo de algoritmo de controle de estoque	57
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>58</b>
7.1	Sugestões para trabalhos futuros	58
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>59</b>
	<b>APÊNDICE A – ROTINA MATLAB</b>	<b>62</b>
	<b>APÊNDICE B – ROTINA MATLAB</b>	<b>63</b>
	<b>APÊNDICE C – ROTINA MATLAB</b>	<b>64</b>
	<b>APÊNDICE D – ROTINA MATLAB</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE E – ROTINA MATLAB</b>	<b>66</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Segundo (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009), com o advento da economia globalizada, observou-se um aumento na demanda por produtos e sistemas de melhor desempenho a custos competitivos. Concomitantemente, surgiu a necessidade de redução na probabilidade de falhas em produtos. A definição de confiabilidade, ainda segundo (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009), implica especificação do *propósito* ou uso pretendido para o item em estudo.

A importância de fabricar um produto em diferentes versões e finalidades, deve levar em consideração o conhecimento sobre o desempenho adequado das peças e quaisquer equipamentos de trabalho envolvidos. É esperado que exista um padrão de funcionamento ou de falha, e caso ocorra uma falha, é necessário tomar medidas para tornar o processo produtivo confiável novamente, retornando aos padrões de uso pretendidos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994).

Para tanto diversos aspectos ambientais estão envolvidos e a *otimização da manutenção* passa a ser um dos aspectos preponderantes para a prevenção de falhas ou restauração ao seu estado operante, o objetivo principal da manutenção é portanto, manter e melhorar a confiabilidade e regularidade de operação do sistema produtivo (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

Várias indústrias percebendo essa intrínseca relação entre manutenção e a produtividade (melhor aproveitamento dos recursos produtivos) devem executar continuamente um melhor refinamento de gestão da confiabilidade e de um sistema de gestão de manutenção adequados. Já existem vários termos relacionados a área de manutenção, catalogados massivamente em livros, ensaios e até mesmo em normas como é o caso da NBR 5462-94, intitulada *confiabilidade e mantabilidade* (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994).

A essência de "Mínimo Produto Viável"(ou MVP, do inglês "*Minimum Viable Product*") é fundamental para empresas em diversos setores, incluindo a área de manutenção, pois torna-se um ponto de partida, não o destino final de um processo. À medida que tomada de atitudes e insights vão acontecendo, os processos de produção e consequentemente manutenção podem ser aprimorados, para atender às necessidades em constante evolução do mercado (FERENTZ et al., 2021).

No contexto da área de manutenção, um MVP pode servir para a empresa estu-

dada, como um software de gerenciamento de manutenção somada a integralização de máquinas e serviços à servidores locais de modo a simplificar práticas de manutenções além de integralizar as necessidades mais críticas dos clientes e de produção. Maurya (2012, p. 62) ressalta "[...] MVP deve abordar os principais problemas que os clientes identificaram importante para eles", por exemplo, podendo gerar e rastrear ordens de serviço, agendar manutenções e fornecer relatórios básicos ou até mais minuciosos por meio das aplicações de estudos com Matlab.

Ainda de acordo com Maurya (2012), depois de construído, deve-se medir o desempenho do produto durante o “estágio de medição”, buscando uma verificação quantitativa por meio de resultados positivos ou negativos sem necessidade de uma amostra grande. Com essa proposta de MVP em funcionamento pela empresa, pode-se então:

1. Testar a Eficácia: Verificar se o software realmente ajuda na gestão de manutenção e se os usuários o encontram útil.
2. Aprimorar com Feedback: Coletar feedback dos usuários para identificar as áreas que precisam de melhorias e as funcionalidades que podem ser adicionadas.
3. Expandir Gradualmente: À medida que você recebe feedback positivo e identifica as áreas de melhoria, pode expandir gradualmente as funcionalidades do software para atender a uma variedade de necessidades de manutenção.
4. Economizar Recursos: Evitar gastar recursos no desenvolvimento de um software completo que pode não atender às necessidades da empresa.

## 2 JUSTIFICATIVA

O planejamento estratégico, o foco na redução de custos, a busca por melhores práticas e a utilização de KPIs ((Key performance indicators) ) alinhados às estratégias da empresa são elementos essenciais para impulsionar a competitividade e garantir a continuidade dos negócios no mercado atual. A redução da probabilidade de falhas em produtos torna-se essencial nesse contexto, onde a definição de confiabilidade está diretamente relacionada ao propósito e uso pretendido dos itens em estudo (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

A otimização da manutenção desempenha um papel fundamental na prevenção de falhas e na manutenção do sistema produtivo em operação, visando melhorar a confiabilidade e regularidade de sua operação. As normas técnicas da ABNT e demais diretrizes organizacionais, contribuem para o desenvolvimento de estratégias eficientes nessa área. A manutenção centrada em confiabilidade desempenha um papel fundamental no ambiente de produção, permitindo o estudo e controle do tempo de falha dos equipamentos (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

Portanto, a proposta deste trabalho busca destacar a importância de investir em gestão estratégica da manutenção, superando a abordagem tradicional, de apenas consertar máquinas, visto que a empresa, objeto de estudo deste trabalho, é essencialmente uma indústria 2.0 com foco em pesquisa e inovação, porém suas práticas produtivas não seguem modelos tecnológicos atualizados (automação, robótica, internet e eletrônicos). Essa abordagem mais abrangente e estratégica traz vantagens competitivas para as empresas, pois, promove a eficiência e a excelência operacional.



## 3 OBJETIVOS

### 3.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo propor implantação de MVP (Mínimo Produto Viável) de um sistema de gerenciamento da manutenção em uma empresa metalúrgica em São Luís – MA.

### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

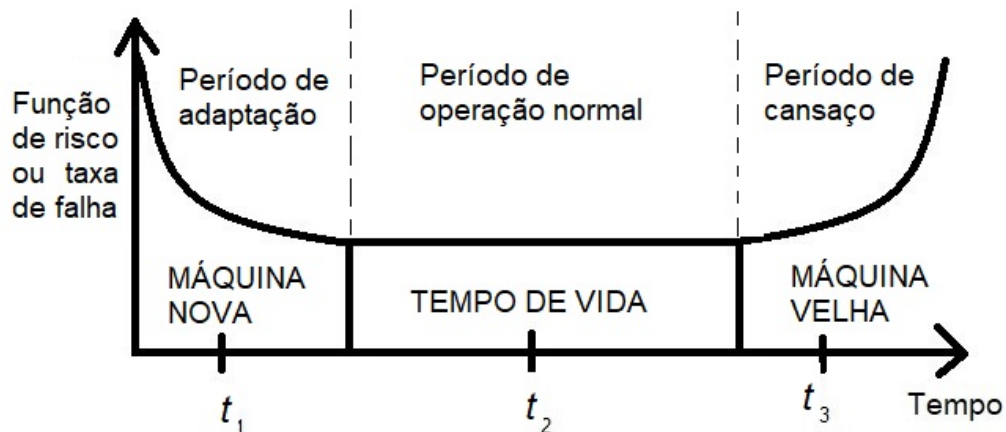
1. Identificar os grupos de equipamentos envolvidos no processo produtivo;
2. Definir o mapeamento e propor a padronização do processo de manutenção industrial dos itens críticos com base na NBR 5462;
3. Definir um plano de ação com meta para o processo de manutenção tendo como auxílio ferramentas como o programa *MATLAB 2022a*, entre outros;
4. Elaboração de um MVP como ferramenta de sistema de gestão de manutenção;

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conceito de manutenção centrada em confiabilidade é um tema importante dentro do chão de fábrica. A mesma é um estudo, ou controle prévio do tempo de falha dos equipamentos e funções laborais dos mesmos, ou seja, é um intervalo de tempo transcorrido desde o momento em que a unidade é colocado em funcionamento até sua primeira falha, como pode ser observado na Figura 1. Para tanto é por meio da função de risco  $h(t)$  que a unidade está exposta ao longo do tempo, sendo assim, três classificações básicas para a função de risco seriam (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

- I Função de risco crescente, FRC, em que a incidência de risco cresce com o tempo;
- II Função de risco decrescente, FRD, em que a incidência de risco decresce com o tempo;
- III Função de risco constante ou estacionária, FRE, em que a unidade está exposta a uma mesma quantidade de risco em qualquer momento do tempo.

Figura 1 – Curva da banheira ou curva de ciclo de vida de um equipamento.



Fonte: adaptado de (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

Com base na Figura 1 percebe-se a necessidade de se ter uma melhor atenção sobre, quais estratégias de manutenção escolher adequadamente ao respectivo tempo de vida útil do equipamento. Conforme observado na Figura 2, as tomadas de ações podem seguir apontamentos organizados em fases, estratégia de manutenção e seus respectivos efeitos e consequências:

**Figura 2 – Relação entre fases do ciclo de vida e estratégias de manutenção.**

FASES	ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO	EFEITOS E CONSEQUÊNCIAS
Máquina Nova	Corretiva	Diminui o tempo da mortalidade infantil ao reforçar os itens que falharam e remove as causas de origem das falhas
	Preditiva	Monitoriza as falhas que estão em fase de progresso, sendo entanto poucas nesta fase, pois as falhas são de origem por baixa resistência do item físico
	Preventiva	Agrava a mortalidade infantil ao trocar os itens fortes, que não têm falhas de origem
Tempo de Vida	Corretiva	Não previne as falhas catastróficas, mas pode reduzir a probabilidade de falha eliminando os modos de falha que passaram da fase da mortalidade infantil
	Preditiva	Informa o início da falha e monitoriza os processos de falha progressivos
	Preventiva	Retorna à mortalidade infantil ao trocar os itens fortes, que não têm falhas de origem e ainda não iniciaram o desgaste
Máquina Velha	Corretiva	Só será útil se for capaz de retardar o início da falha
	Preditiva	Monitoriza os processos progressivos de falha já iniciados
	Preventiva	Previne a degradação antecipando a troca do item que vai realmente falhar

Fonte: (SANTOS, 2013).

Em conformidade o que diz a NBR 5462-94, a manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas incluindo as de supervisão; destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994). Manter significa realizar todas as ações necessárias para garantir que um equipamento continue a executar as funções para as quais foi projetado, mantendo um nível de desempenho exigido.

Este mesmo alinhamento de "gestão da manutenção", no que tange aos tipos de manutenção que atendam as necessidades industriais subdivide-se em cinco tipos (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

- Corretiva;
- Preventiva;
- Preditiva;
- Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance - TPM);
- Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).

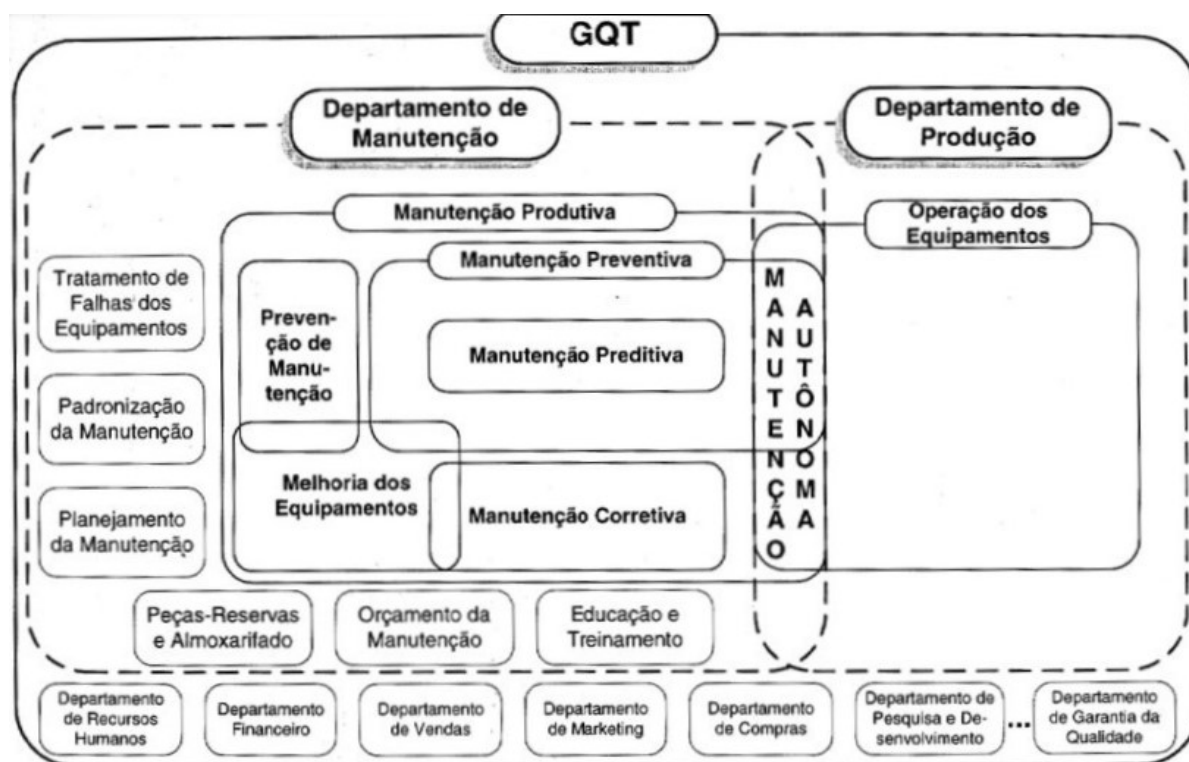
Segundo Xenos (2014) não muito distante da manutenção corretiva, a manutenção preventiva, visa aplicar diversos métodos de manutenção, visando otimizar

os fatores econômicos, produtividade e vida dos equipamentos a custos mais baixos. Com relação aos métodos de manutenção, esse gerenciamento, se dará por meio de funções de apoio importantes, como aponta o autor:

- Tratamento de falhas dos equipamentos;
- Peças-Reservas e Almojarifado;
- Padronização da Manutenção;
- Orçamento da Manutenção;
- Planejamento da Manutenção;
- Educação e Treinamento.

Esse conjunto de métodos e funções torna-se o aporte para o que chamamos de Sistema de Gerenciamento da Manutenção, uma parte da Gestão pela Qualidade Total, como sugere Xenos (2014) e pode ser observado no diagrama da Figura 3.

**Figura 3 – Visão Geral da Manutenção de Equipamentos.**



Fonte: (XENOS, 2014).

#### 4.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A gestão eficaz da manutenção desempenha um papel fundamental na garantia da confiabilidade, disponibilidade e desempenho dos ativos de uma empresa. Existem diferentes tipos de manutenção que podem ser aplicados, cada um com suas características e benefícios específicos (SILVA et al., 2023).

Cada tipo de manutenção possui suas vantagens e desvantagens, e a escolha

adequada depende da natureza dos equipamentos, dos objetivos da organização e das restrições operacionais. Uma abordagem integrada que combine diferentes tipos de manutenção pode ser a mais eficaz para otimizar a disponibilidade dos ativos e minimizar os custos operacionais. A compreensão desses tipos de manutenção é essencial para o desenvolvimento de estratégias de gestão de manutenção eficientes e eficazes (SILVA et al., 2023).

#### **4.1.1 Corretiva**

A manutenção corretiva é definida como:

Atividade que mantém em operação o equipamento ou unidade produtiva, quando surge uma falha ela se preocupa com o fato de que os serviços sejam prestados no menor prazo possível a fim de permitir a imediata retomada das operações, dentro dos níveis de qualidade e segurança exigidos. (SOUZA, 2011).

A manutenção corretiva pode ser dividida de duas maneiras: manutenção corretiva planejada (quando a manutenção é preparada, que tende a ser mais barata, segura e rápida); Manutenção corretiva não-planejada (correção de falha ou desempenho abaixo do esperado, acontece aleatoriamente, demanda mais recursos e apresenta baixa confiabilidade de produção, pois gera ociosidade). A manutenção corretiva é um tipo reativo de manutenção, no qual as intervenções ocorrem após a ocorrência de uma falha ou quebra no equipamento, e então é mobilizada uma equipe através de uma Ordem de Serviço (OS) (SOUZA, 2011).

A situação problemática pode ser resolvida de duas maneiras:

- Paliativa: reparo parcial do equipamento, para que venha ter um cronograma de parada para reparo total (SOARES, 2015);
- Curativa: restauração total da máquina após a realização o serviço (SOARES, 2015).

Geralmente é a forma mais simples e básica de manutenção, mas pode resultar em paradas não planejadas, tempo de inatividade e custos elevados de reparo. No entanto, em certos casos, a manutenção corretiva pode ser mais adequada para equipamentos de menor importância ou quando os custos de falha são baixos. Por meio da Figura 4 nota-se que o custo da manutenção corretiva é alto, a execução da

manutenção é demorada e o investimento necessário para realizar a manutenção é relativamente baixo.

**Figura 4 – Custos x Tempo x Investimento da manutenção corretiva.**



Fonte: (TELES, 2023).

#### 4.1.2 Preventiva

A manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda de desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (PINTO; XAVIER, 2009). A manutenção preventiva é baseada em uma abordagem sistemática de inspeções regulares, substituição de peças e reparos programados, realizados com base em intervalos de tempo pré-determinados. Essa manutenção é dividida em duas etapas:

- **Sistemática:** realizada em intervalos de tempo estabelecidos, permitindo assim a programação de parada para realizar os devidos cuidados ou trocas de peças. Exemplos: troca de filtros, módulos e rolamentos (SOARES, 2015);
- **Condicionada:** feita através da vigilância, coleta de informações, análises de vibrações, controle de desgaste, controle de fugas, medições de temperatura e ruídos. Fornecendo assim, uma classificação de riscos, que será usado para realizar a programação para correção (SOARES, 2015).

Segundo Xenos (2014) a manutenção preventiva é o centro de trabalho do setor manutenção.

A manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a atividade principal de manutenção em qualquer empresa. Na verdade, a manutenção preventiva é o coração das atividades de manutenção. Ela envolve algumas tarefas

sistemáticas, tais como inspeções, reformas e troca de peças. Uma vez estabelecida, a manutenção preventiva deve ter caráter obrigatório.

O objetivo é evitar falhas e maximizar a vida útil dos equipamentos. Embora possa ajudar a reduzir paradas não planejadas, essa abordagem pode resultar em custos desnecessários se as intervenções ocorrerem antes que as falhas reais ocorram, como observa-se na Figura 5.

**Figura 5 – Custos x Tempo x Investimento da manutenção preventiva.**



Fonte: (TELES, 2023).

#### 4.1.3 Preditiva

Manutenção com Base no Estado do Equipamento, é definido como:

A atuação realizada com base em modificações de parâmetros de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Caracteriza-se pela previsibilidade da deterioração do equipamento, prevenindo falhas por meio do monitoramento dos parâmetros diversos, com o equipamento funcionando. (KARDEC; NASCIF, 2009).

A manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Exemplos de manutenção preditiva:

- **Análise de vibração:** é capaz de identificar falhas pela frequência da variação do espaço que componentes de um equipamento geram em funcionamento, sendo muito usado em rolamentos, bombas e eixos (ABECOM, 2021);

- Termógrafa: Aferi a temperatura em determinados locais como painéis elétricos, motores e encanamentos, para detectar assim anomalias (ABECOM, 2021);
- Ultrassom: Capta ruídos nas máquinas que são acima da audição humana, verificado seu estado (ABECOM, 2021).

A manutenção preditiva é um tipo avançado de manutenção baseado no monitoramento contínuo e na análise de dados de desempenho dos equipamentos. Ela permite a detecção precoce de falhas iminentes e a programação de intervenções antes que ocorram falhas significativas. Conforme observado na Figura 6. Isso ajuda a minimizar o tempo de inatividade e otimizar os recursos de manutenção, pois as intervenções são realizadas somente quando necessárias (PINTO; XAVIER, 2009).

**Figura 6 – Custos x Tempo x Investimento da manutenção preditiva.**



Fonte: (TELES, 2023).

As práticas preditivas trazem benefícios estratégicos, como (ABECOM, 2021):

- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Aumento da disponibilidade dos equipamentos para a fábrica;
- Prevenção de falhas;
- Redução dos custos de manutenção;
- Redução dos custos com estoque de peças de reposição;
- Melhor aproveitamento dos recursos da empresa;
- Colaboração para a segurança no trabalho dos profissionais;



- Contribuição para economia no consumo de energia (evita que os equipamentos trabalhem sobrecarregados);
- Atendimento aos critérios de qualidade de normas como ISO 9001.

Portanto, conforme a Figura 7 observa-se que ambas, são estratégias de manutenção que buscam evitar as falhas de equipamentos e manter a disponibilidade e a produtividade. A melhor estratégia de manutenção depende das características dos equipamentos e do processo produtivo. Em geral, a manutenção preventiva é uma boa opção para equipamentos que sofrem desgastes previsíveis e que podem ser desligados para manutenção. A manutenção preditiva é uma boa opção para equipamentos que sofrem desgastes imprevisíveis ou que não podem ser desligados para manutenção. Em alguns casos, as duas estratégias podem ser combinadas para obter os melhores resultados (SILVA et al., 2023).

**Figura 7 – Diferenças entre manutenção preventiva e preditiva.**

PREVENTIVA	PREDITIVA
Baseada em <b>tempo ou número de ciclos</b> de uso do equipamento.	Baseada na <b>performance</b> do equipamento.
A manutenção <b>pode acontecer</b> antes dela ser realmente necessária.	A manutenção <b>só ocorre</b> quando há sinais de falha iminente.
<b>Não realiza</b> monitoramento constante dos equipamentos.	<b>Realiza</b> monitoramento constante dos equipamentos
Menor investimento inicial em tecnologia de monitoramento e treinamento de pessoal. Porém, <b>maior custo</b> operacional.	Maior investimento inicial. Contudo, tem <b>maior economia</b> de recursos e tempo no longo prazo, com <b>alto retorno</b> de investimento.

Fonte: (ABECOM, 2021).

#### 4.1.4 Manutenção Produtiva Total - MPT (Total Productive Maintenance - TPM)

Segundo Tavares (1999) apud Marques (2023) o conceito básico da MPT é a reformulação e a melhoria da estrutura empresarial a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos, com envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional.

A Manutenção Produtiva Total (MPT) é uma abordagem abrangente que envolve toda a organização, buscando maximizar a eficiência dos equipamentos por meio da eliminação de perdas e da melhoria contínua dos processos. Além da manutenção corretiva, preventiva e preditiva, a MPT envolve a participação de todos os funcionários,

a promoção da cultura de melhoria contínua e a implementação de práticas de gestão eficientes (MARQUES, 2023).

Essa metodologia surgiu no Japão, sendo considerada uma evolução natural da manutenção corretiva (reativa) para a manutenção preventiva (pró-ativa). A mesma expande conceitos costumeiros de manutenção alinhando com iniciativas (práticas e técnicas) que possam evitar defeitos de qualidade por conta de eventuais desgastes e maus funcionamentos dos equipamentos industriais (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

Na medida em que a MPT incorpora uma visão mais abrangente, incluindo as preocupações com a qualidade e grande envolvimento dos operadores, o termo manutenção preventiva não era suficiente para representá-la. Assim surgiu o termo manutenção produtiva. Em função da abrangência ampliada, as equipes de manutenção passam a trabalhar ativamente com as equipes de produção, projeto, engenharia etc., consolidando-se, então, o termo manutenção produtiva total. (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

Nakajima (1988) apud Ribeiro (2009) apresenta os requisitos mínimos para o desenvolvimento do MPT, que são organizados em cinco atividades: **capacitação dos recursos humanos, implementação de melhorias nos equipamentos, estruturação da manutenção autônoma, estruturação da manutenção planejada e estruturação para o controle de novos equipamentos.**

#### **4.1.5 Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)**

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) é uma estratégia baseada na análise de confiabilidade dos equipamentos e na tomada de decisões com base nos riscos envolvidos. Ela visa garantir a confiabilidade dos ativos por meio da identificação das falhas mais críticas e da aplicação de ações de manutenção apropriadas. A MCC envolve a utilização de técnicas como análise de modos e efeitos de falhas (FMEA) e análise de árvore de falhas (FTA) (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

A MCC pode ser definida como um programa que reúne varias técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma planta fabril continuarão realizando as funções especificadas. Devido a sua abordagem racional e sistemática, os programas de MCC tem sido reconhecidos como a forma mais eficiente de tratar as questões de manutenção. Eles permitem que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção, ampli-

ando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições. (RIBEIRO; FOGLIATTO, 2009).

Para Ribeiro (2009) alguns pilares desse programa podem ser descritos como:

- I Amplo envolvimento de engenheiros, operadores e técnicos de manutenção, caracterizando um ambiente de engenharia simultânea;
- II Ênfase no estudo das consequências das falhas, que direcionam todas as tarefas de manutenção;
- III Abrangência das análises, que consideram questões associadas à segurança, meio ambiente, operação e custos;
- IV Ênfase nas atividades pró-ativas, envolvendo tarefas preditivas e preventivas;
- V Combate às falhas escondidas, que reduzem a confiabilidade do sistema.

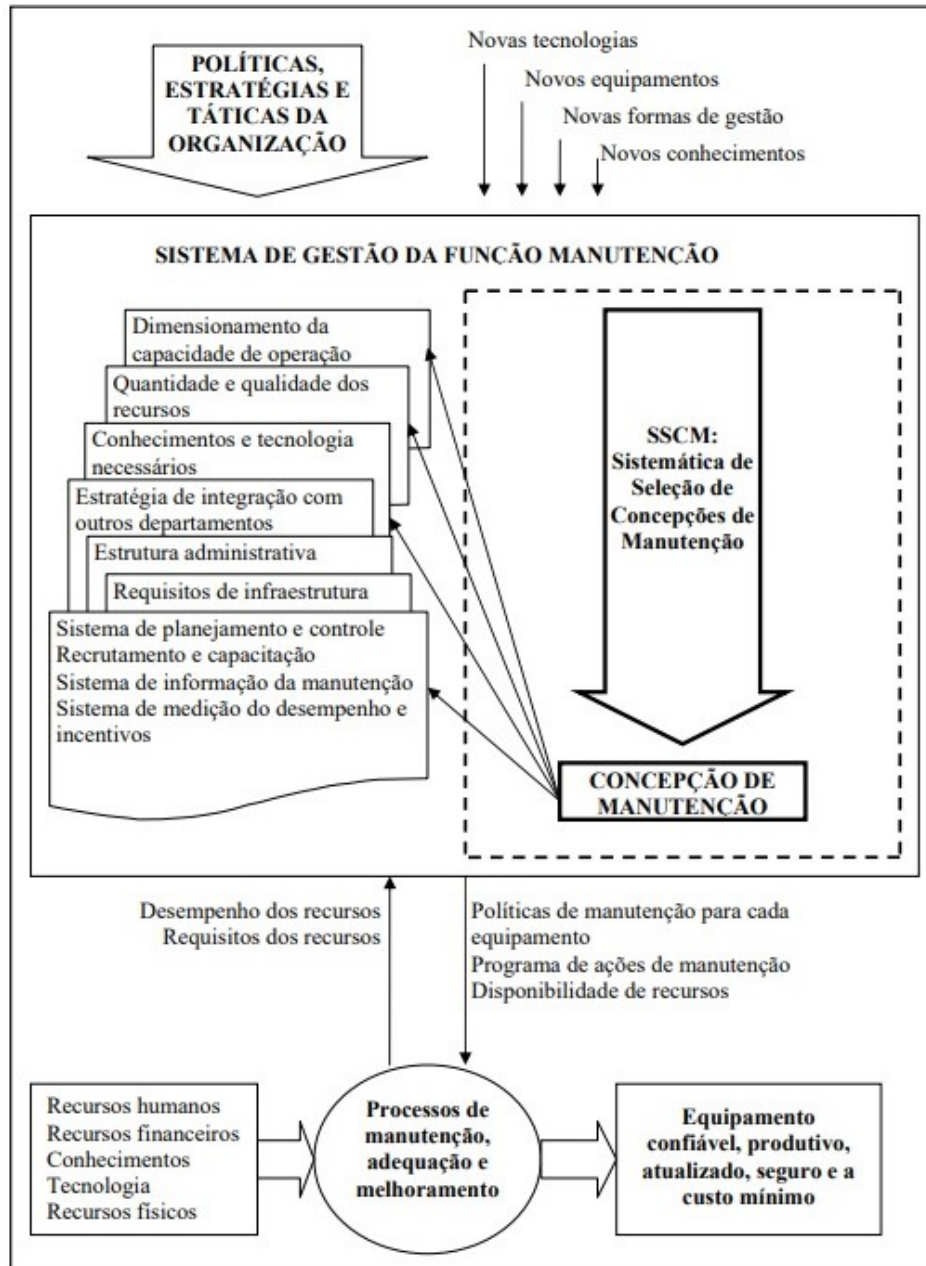
#### **4.1.6 Gestão da Manutenção**

A sobrevivência das organizações depende de sua capacidade de atender as necessidades do cliente. Para que elas sejam capazes de promover as mudanças necessárias, em um tempo adequado, é necessário que se tenha um sistema de gestão que as ajude a enfrentar os desafios que irão encontrar (AGUIAR, 2006).

(...) a gestão deve estar relacionada a todo conjunto de ações, decisões e definições sobre tudo o que se tem que realizar, possuir, utilizar, coordenar e controlar para gerir os recursos fornecidos para a função manutenção e fornecer assim os serviços que são aguardados pela função manutenção. (SOUZA, 2011).

A Figura 8 aborda concepções importantes inerentes do que vem a ser um sistema de gestão de manutenções eficaz, o mesmo deve ser estratégico, integrado à produção, baseado em dados e flexível. Para Fuentes (2006) a manutenção deve ser vista como uma função estratégica que contribui para a melhoria da eficiência e da produtividade da empresa. Ela deve ser integrada à produção para garantir a disponibilidade dos ativos produtivos e a qualidade dos produtos ou serviços. As decisões de manutenção devem ser tomadas com base em dados confiáveis, coletados e analisados de forma sistemática. O sistema de gestão de manutenções deve ser capaz de se adaptar às mudanças nas condições operacionais da empresa.

Figura 8 – Definição do melhor sistema de gestão da manutenção.



Fonte: (FUENTES et al., 2006).

Segundo (FUENTES et al., 2006). Portanto, a concepção da manutenção é o que a empresa espera da função manutenção para ajudar a atingir seus objetivos. É um componente essencial da gestão da manutenção, mas não é o único. O mesmo autor ainda comenta que:

A tarefa da gestão da manutenção não termina na definição da concepção, só é a primeira fase do processo. A gestão refere-se a todo o conjunto de

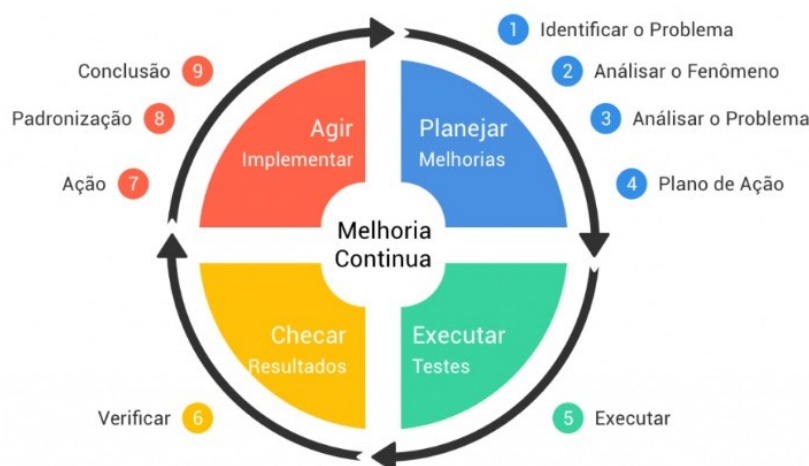
ações, decisões e definições sobre todo o que tem que se fazer, possuir, usar, coordenar e controlar para gerir os recursos fornecidos para a função manutenção e fornecer assim os serviços que são esperados da função manutenção. (FUENTES et al., 2006)

O uso de instrumentos gerenciais que os profissionais de manutenção têm a sua disposição, como por exemplo, as ferramentas de qualidade, por si só não garantem qualidade. Porém a aplicação correta destas ferramentas pode levar a excelentes resultados (PINTO; XAVIER, 2009). Algumas dessas ferramentas são o modelo PDCA, plano de ação, metodologia 5S, fluxograma e o brainstorming.

#### 4.1.7 O modelo PDCA

Esse ciclo é um modelo de gestão da qualidade iterativo que é empregado para aprimorar de maneira contínua os processos, produtos ou serviços. O nome é um acrônimo que representa de forma sucinta as quatro fases do ciclo: **"P" para Planejar (plan)**, **"D" para Executar (do)**, **"C" para Verificar (check)** e **"A" para Agir (act)**, como é apresentado na Figura 9. É uma metodologia de gestão de quatro etapas, utilizada para o controle e melhoria contínua de processos e produtos, sendo uma ferramenta simples, mas poderosa, que pode ser utilizada para melhorar a eficiência e a eficácia de qualquer processo ou produto. As teorias propostas pelo Dr. Deming (1950), que era engenheiro e estatístico, serviram de alicerce para os padrões de qualidade, como o TQM (Total Quality Management) e a ISO 9001, que se disseminaram amplamente no cenário empresarial global (CARVALHO, 2020).

**Figura 9 – O ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) é uma abordagem de quatro etapas para a melhoria contínua de processos, produtos e serviços, bem como para a resolução de problemas. Ele envolve testar sistematicamente soluções, avaliar os resultados e implementar as eficazes.**



Fonte: (CARVALHO, 2020).

Inicialmente, o ciclo PDCA foi desenvolvido com foco na gestão da qualidade, servindo como uma metodologia recomendada para alcançar melhorias contínuas. No entanto, ao longo do tempo, sua aplicação foi expandida, e atualmente o PDCA figura como uma das principais ferramentas para compreender os processos administrativos e resolver desafios empresariais. Nas atividades de manutenção, o modelo PDCA pode ser usado como caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas (AGUIAR, 2006).

#### **4.1.8 Plano de ação**

É o planejamento das iniciativas necessárias para obter um resultado desejado. Deve-se deixar claro o que deverá ser feito, a quantidade de tempo e quem será o responsável por cada iniciativa. Apontar o porquê de se realizar tal atividade, como deverá ser realizada, onde, quanto que isso custa, devem ser alguns questionamentos bem definidos e elucidados. Na Figura 10 observa-se estes questionamentos como partes da tradicional ferramenta 5W2H (what, when, who, why, where, how e how much) que consiste em uma série de perguntas direcionadas ao processo produtivo e permite identificar as rotinas mais importantes, detectando seus problemas e apontando soluções (LISBÔA; GODOY, 2012). Conclui-se que quaisquer tipos de adaptações são bem vindas, pois trata-se de um processo dinâmico dos processos, aperfeiçoamentos contínuos de ferramentas e de produção. Uma grande vantagem do plano de ação acaba sendo o melhor envolvimento das pessoas (SCARTEZINI, 2009).

Figura 10 – 5W2H é uma ferramenta para elaboração de planos de ação que, por sua simplicidade, objetividade e orientação à ação.

	Passo	Pergunta a ser respondida	O que responder
5W	<i>What?</i> ( O que?)	O que será feito?	Informe a ação que será realizada.
	<i>Why?</i> ( Por que?)	Por que será feito?	Informe o motivo de realizar essa ação.
	<i>Where?</i> (Onde?)	Onde será feito?	Informe o local onde será realizada a ação. Pode ser um departamento, um posto de trabalho ou mesmo em uma máquina
	<i>When?</i> (Quando?)	Quando será feito?	Informe a data exata, o dia em que será realizada ou uma data limite para a finalização.
	<i>Who?</i> (Quem?)	Por quem será feito?	Informe o nome do responsável pela ação. Se for realizado por um grupo, colocar o nome do líder ou responsável.
2H	<i>How?</i> (Como?)	Como será feito?	Detalhe como será realizada a ação. Tente ser objetivo.
	<i>How Much?</i> (Quanto?)	Quanto vai custar?	Informe quanto irá custar a ação. Inclua todas as despesas com mão de obra, equipamentos, insumos e outros elementos.

Fonte: (GOMES, 2020).

#### 4.1.9 Metodologia 5S

O 5S é uma metodologia de gestão japonesa que surgiu no final da década de 1960, no Japão, com o objetivo de contribuir para a reconstrução do país após a Segunda Guerra Mundial. A metodologia se baseia em cinco pilares: Seiri (utilização), Seiton (organização), Seiso (limpeza), Seiketsu (padronização) e Shitsuke (autodisciplina). Contudo, existem hoje várias versões e contribuições ao conceito original do 5S e isso se deve a diferentes interpretações do conceito e inclusão de outros S para melhores ajustes a aplicações particulares, mas todas as adaptações existentes se mantêm fiéis e coerentes ao conceito original (JUNIOR et al., 2021).

Espera-se de um programa 5S, segundo (JUNIOR et al., 2021), que sejam eliminados estoques intermediários e documentos não utilizados. Espera-se, ainda, melhoria na comunicação interna, no controle e organização de documentos, melhora no layout e no aspecto visual das áreas, maior conforto e comodidade no ambiente, espaços melhor aproveitados, ambientes mais limpos, procedimentos padronizados, colaboradores mais participativos, engajados e proativos.

#### 4.1.10 Fluxograma

Sendo uma representação gráfica de um processo, sistema ou fluxo de informações. É uma ferramenta visual, auxiliando na compreensão do fluxo de informações ou tarefas, identificar pontos de decisão, entender a lógica subjacente e analisar a eficiência do processo. Desempenha um papel crucial na manutenção mecânica, contribuindo para a eficiência, a qualidade e a segurança das operações. Eles ajudam a garantir que as tarefas de manutenção sejam realizadas de maneira consistente e de acordo com as melhores práticas, o que é fundamental para prolongar a vida útil dos equipamentos e reduzir custos operacionais. O seu estudo permite aperfeiçoar os fluxos para maximizar as etapas que agregam valor e minimizar os custos, além de garantir a realização de tarefas indispensáveis para a segurança de um sistema específico (SCARTEZINI, 2009).

#### 4.1.11 Brainstorming

Passa a ser mais uma técnica usada para "proporcionando várias ideias criativas" e soluções para problemas. Gerando, portanto, ideias relacionadas à inovação na manutenção mecânica, com foco na aplicação de tecnologia, automação e análise de dados para melhorar a eficiência e quaisquer processos de manutenção.

#### 4.1.12 Análise de aplicabilidade do Minimum Viable Product (MVP)

A ideia inicial do *Minimum Viable Product* (MVP) é oriunda dos conceitos de manufatura enxuta, popularizados pelos métodos da Toyota (WOMACK, 2004) sendo empregado no método de uma *lean startup* (FERENTZ et al., 2021). O MVP tem por princípio auxiliar o processo de aprendizagem, fazendo os testes das hipóteses fundamentais para o negócio. De acordo com Ries (2011) o "MVP é aquela versão do produto que permite uma volta completa do ciclo **construir-medir-aprender**, com o mínimo de esforço e o menor tempo de desenvolvimento"

O MVP, é um conceito amplamente utilizado no desenvolvimento de produtos e startups. Refere-se a uma versão inicial e simplificada de um produto ou serviço que possui apenas as funcionalidades essenciais para atender às necessidades básicas dos usuários (RIES, 2011; BLANK, 2013; MAURYA, 2012) .

O objetivo do MVP é testar a viabilidade e aceitação do produto em um determinado espaço, permitindo que os desenvolvedores obtenham feedback dos usuários e façam ajustes e melhorias com base nesse retorno, ou seja, não envolve apenas a rápida construção de um produto final, mas sim requer dedicar tempo à aprendizagem com a primeira iteração do produto ou serviço. Ao lançar um MVP, as empresas po-



dem economizar recursos, tempo e esforço, evitando o desenvolvimento completo de um produto que pode não ser bem recebido ou que não atenda às expectativas das pessoas (FERENTZ et al., 2021).

O conceito mais básico de um MVP é o de construir um protótipo inicial de um produto ou serviço com o mínimo de recursos necessários para que ele funcione. Após lançar esse protótipo, é importante coletar feedback dos usuários. Essa **satisfação** pode ser usado para melhorar o produto em um novo ciclo de desenvolvimento. Entre algumas razões pelas quais o MVP é importante na utilização em ambiente fabril pode-se citar as seguintes:

- I **Economia de Recursos:** O MVP é uma estratégia eficaz para reduzir o risco e o custo de processos burocráticos, desenvolvimento de produtos e consequentemente de manutenção. Ao se concentrar nos recursos essenciais, as empresas podem lançar produtos mais rapidamente e obter feedback dos funcionários antes de investir em recursos adicionais. O MVP é uma abordagem flexível que pode ser adaptada às necessidades específicas de cada empresa (MAURYA, 2012).
- II **Validação de Mercado:** O MVP permite que as empresas coloquem seus produtos e serviços mais satisfatoriamente. Isso ajuda a validar se há demanda real pelo produto ou serviço. Ao validar o mercado, as empresas podem evitar o desperdício de recursos em produtos que não são bem-sucedidos (MAURYA, 2012).
- III **Feedback dos Clientes e funcionários:** O MVP permite que as empresas obtenham feedback dos funcionários mais cedo. Esse feedback é valioso para ajustar e melhorar o produto. Ao ouvir os funcionários, as empresas podem aprimorar ferramentas que atendam às suas necessidades reais de manutenção (MAURYA, 2012).
- IV **Aprendizado Rápido:** O MVP permite que as empresas aprendam rapidamente sobre os equipamentos, os atuação dos funcionários e as tendências. Esse aprendizado é valioso para tomar decisões mais informadas. Ao aprender com o feedback dos clientes, as empresas podem melhorar suas chances de sucesso (MAURYA, 2012).

Como aponta Maurya (2012), dessa forma, no que tange quaisquer etapas para análise de estudo de aplicabilidade do MVP, do sistema de gestão de manutenção e demais cenários possíveis, tem-se:

- 1 Selecionar variáveis de campo adequadas e que possam ser aplicados no MVP;
- 2 Descrever os equipamentos assim como sua manutenção neste estudo;
- 3 Apontar para as melhores opções de manutenção;
- 4 Encontrar indícios condizentes de aplicabilidade na Gestão de Manutenção da Fábrica;
- 5 Demonstrar com propriedade, gráficos, tabelas para obter resultados globais de aplicabilidade;
- 6 Aplicar as condições de problemas reais da empresa.

O desenvolvimento de ferramentas de manutenção é um processo complexo e desafiador. É importante identificar as necessidades dos usuários com antecedência e desenvolver uma ferramenta que atenda às suas necessidades. O MVP (*Minimum Viable Product*) é uma abordagem que pode ser útil para o desenvolvimento de ferramentas de manutenção. O MVP é uma versão inicial de um produto que possui apenas as funcionalidades essenciais. O MVP é usado para testar a ideia do produto e obter feedback dos usuários.

Embora o MVP seja uma abordagem amplamente utilizada no desenvolvimento de software, não há muitos trabalhos na literatura que tenham aplicado essa abordagem para o desenvolvimento de ferramentas de manutenção. Isso pode ser devido ao fato de que o desenvolvimento de ferramentas de manutenção é um processo complexo e que pode ser difícil identificar as necessidades do usuário com antecedência. No entanto, o MVP pode oferecer vários benefícios para o desenvolvimento de ferramentas de manutenção. O MVP pode ajudar a reduzir o risco de falhas e a melhorar a aceitação da ferramenta pelos usuários.

## 5 METODOLOGIA

A forma de abordagem deste trabalho científico, trata-se de uma pesquisa qualitativa por explorar questões complexas, desenvolver teorias, gerar hipóteses e fornecer uma compreensão mais profunda dos aspectos organizacional e produtivo de uma empresa metalúrgica, a MEMPS (Montagem Eletromecânica Manutenção e Prestação de Serviços Ltda.), em um intervalo de tempo de 6 meses, através de pesquisas qualitativas e coletas de dados descritivas. Portanto este trabalho teve a metodologia do tipo estudo de caso, conforme Yin (2015) apresenta etapas que compreende coleta e análise de dados.

### 5.1 FERRAMENTAS DE ESTUDO

A ferramenta de estudo para aplicabilidade a ser empregado previamente é o *software MatLab* na qual será implementado com foco na análise dos equipamentos com dados voltados para manutenção, por meio de auxílio computacional e recursos tecnológicos que visam dinamizar processos burocráticos e gerar economia nos processos de gestão de manutenção, melhor comunicação, integração das pessoas por meio de um sistema virtual e economia de materiais de escritórios (como papéis). Tomada de ações seguidas sempre de feedbacks de todos para melhor desenvolvimento no espaço in loco.

O *MatLab* é um software de alto desempenho e linguagem de programação usado em várias áreas, como engenharia, ciência e finanças. Ele permite realizar cálculos numéricos, análise de dados, modelagem e simulação. Com sua sintaxe simples e poderosa, o *MatLab* oferece ferramentas e bibliotecas integradas para lidar com problemas complexos, como otimização e processamento de sinais. Também possui recursos avançados de visualização e suporte para criação de interfaces gráficas de usuário. O *MatLab* é conhecido por sua extensa biblioteca de funções e toolboxes especializadas, tornando-o versátil para várias aplicações. Além disso, permite executar códigos em paralelo e distribuídos para acelerar cálculos intensivos.

Amplamente utilizado em pesquisa acadêmica, desenvolvimento de produtos e análise de dados, o *MatLab* é uma combinação de facilidade de uso, poder computacional e rica funcionalidade, o que vem a ser demonstrado no apêndice A-28 e apêndice B-29 que são alguns modelos de códigos voltados para a aplicação prática deste projeto.

## 5.2 ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO

Os procedimentos propostos para avaliação e proposição de soluções são elencadas a seguir:

- Identificar as necessidades e desafios específicos da fábrica metalúrgica em relação à manutenção. Isso inclui aspectos como programação de manutenção, gestão de ativos, rastreamento de histórico de manutenção, análise de falhas, entre outros.
- Listar as funcionalidades essenciais do sistema de gerenciamento de manutenção que abordam as necessidades identificadas. Isso pode incluir recursos como registro de ordens de serviço, agendamento de manutenção, controle de estoque de peças, relatórios de manutenção, entre outros.
- Priorizar as funcionalidades com base na importância e impacto para a fábrica. Concentre-se nas funcionalidades que fornecerão o maior valor e resolverão os principais problemas enfrentados pela equipe de manutenção.
- Desenvolver um protótipo inicial do sistema de gerenciamento de manutenção com as funcionalidades prioritárias. O protótipo deve ser uma versão simplificada, mas funcional, que permita testar a usabilidade e validar a adequação do sistema às necessidades dos usuários, principalmente os funcionários do setor de manutenção.
- Como parte dos trabalhos futuros, implantar o MVP em uma área específica da fábrica para realizar testes pilotos. Obtenha feedback dos usuários, incluindo a equipe de manutenção, supervisores e outros stakeholders relevantes. Identifique pontos fortes e áreas de melhoria do sistema com base nesse feedback.
- Como parte dos trabalhos futuros, com base nos resultados dos testes pilotos e no feedback recebido, fazer ajustes e melhorias no sistema de gerenciamento de manutenção. Adicionar funcionalidades conforme necessário, sempre com foco nas necessidades dos funcionários e nos objetivos estratégicos da fábrica.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ESTUDO DE CASO

#### 6.1.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada atua no ramo de estruturas metálicas, e suas atividades se iniciaram em 1995 com a criação da **MEMPS - Montagem Eletrônica Manutenção e Prestação de Serviços**, focada em construções metálicas. Com o constante investimento em equipamentos, tecnologia, nos colaboradores, e pesquisa, foram crescendo e ampliando o leque de serviços. Como pode ser observado na Figura 11, trás a evolução da empresa ao longo de 28 anos, ganharam destaque e boas relações comerciais, conquistando a participação em obras nacionais e internacionais. Desenvolveram uma patente da única **fábrica móvel de tubos helicoidais (FAMTHE)** do mundo, que amplia ainda mais o diferencial e competitividade da empresa. Os valores desta empresa, com foco no trabalho, honestidade, cooperação, criatividade, segurança e responsabilidade social, contribuem na busca da missão e visão.

Figura 11 – Processo evolutivo da empresa MEMPS.



Fonte: (MEMPS, 2023).

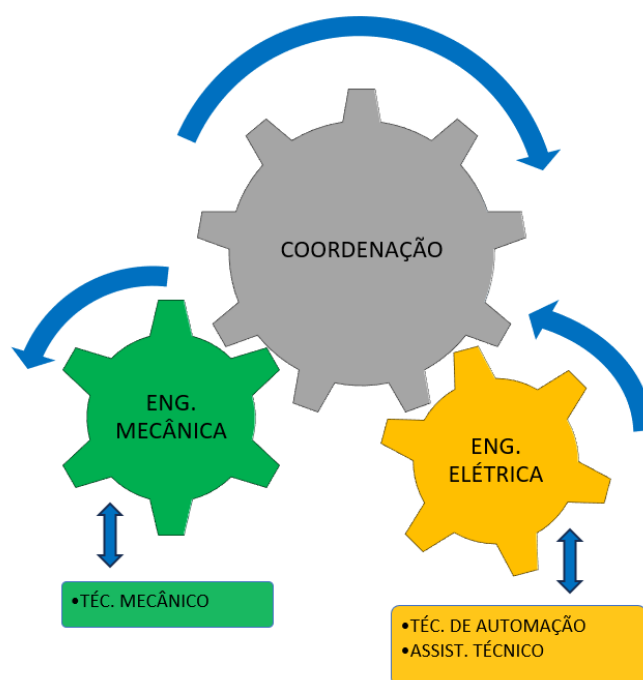
### 6.1.2 Levantamento e Análise do Panorama in loco

A partir de uma verificação in loco apesar da empresa já estar consolidada comercialmente atuando em grandes projetos de ordem públicas e privadas (a exemplo do sistema Italuís, em vários portos particulares e com estruturas metálicas) notou-se que o perfil organizacional de manutenção ainda é muito pautado na primeira geração da manutenção, que é a manutenção corretiva. Assim, a manutenção é somente realizada quando o equipamento apresenta uma falha ou quando deixa de funcionar. As principais características da primeira geração da manutenção são:

- É um tipo de manutenção reativa, pois é realizada apenas após a falha do equipamento.
- É um tipo de manutenção imprevisível, pois não é possível prever quando o equipamento irá falhar.
- É um tipo de manutenção que pode gerar perdas de produção e de qualidade.

A responsabilidade pela manutenção de toda a empresa é atribuída ao departamento conhecido como Automação Industrial, que é composto por dois técnicos de manutenção e três assistentes técnicos. É importante destacar que a manutenção mecânica é gerenciada separadamente da automação industrial e é executada por uma equipe de dois técnicos de mecânica, conforme ilustrado na Figura 12.

**Figura 12 – Estrutura do setor de manutenção da empresa MEMPS.**



Fonte: O AUTOR.

A empresa dispõe de uma ampla gama de equipamentos e instalações que serão apresentados mais adiante. Em algumas situações, é necessário que ambas as equipes de manutenção intervenham e realizem conjuntamente o serviço. No entanto, atualmente não há um sistema formal de gerenciamento ou planejamento da manutenção em vigor.

Um movimento de mudança foi a criação de um cargo na empresa, com o foco na manutenção dos equipamentos, mas devido a divergências laborais e ausência de uma melhor integração entre as equipes de engenharias, o "coordenador de manutenções" desligou-se do trabalho. A mesma também carece de uma estratégia de manutenção claramente definida, com a maioria das intervenções limitando-se ao reparo de itens com problemas identificados ou a celeridade de reparo de um equipamento quando é necessário.

Foi constatado na observação que o número de intervenções nos equipamentos é substancialmente alto, devido ao tempo de uso, ou por haver equipamentos parados sem produção (muita das vezes por falta de demanda de produção de mercado, acabam ficando muito tempo parados esperando a manutenção). Constatou-se também não haver um histórico formal de atividades realizadas. Além disso, a grande maioria dos equipamentos, que têm alto valor financeiro, não possui registros de ocorrências nem planos de manutenção e lubrificação estabelecidos. A aquisição de novas peças e equipamentos acaba sendo uma solução mais viável, fazendo com que o estoque acabe tendo vários tipos de materiais, muita das vezes em excesso (verifica-se nas imagens mais adiante), enquanto outros acabam sendo adquiridos varias vezes.

Diante do crescimento significativo da empresa, surgiu a necessidade rápida de estruturar todos os setores para manter sua competitividade em termos de agilidade e flexibilidade. A diretoria reconheceu a importância de gerenciar eficientemente a atividade de manutenção, uma vez que dados financeiros levantados pelo setor de suprimentos indicam que ela representa um custo significativo. Portanto, tornou-se imperativo reestruturar o setor de manutenção, alinhando-o aos esforços de reestruturação já em andamento em outros setores da empresa.

Após a conclusão da análise do setor e a proposição de melhorias necessárias, o próximo passo será iniciar um processo organizado para estruturar as instalações, a fim de implementar um sistema de gerenciamento de manutenção eficaz, por meio de um Mínimo Produto Viável. O desenvolvimento do controle e do planejamento da manutenção proporcionará as bases necessárias para a execução das atividades de manutenção com a satisfação de todas as partes envolvidas no processo.

## 6.2 PLANO DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO SUGERIDO

Para um melhor sucesso de aplicabilidade, para colocação em prática de um plano de gestão de manutenção na empresa, deve-se ter em mente a sistematização das atividades de manutenção e organização de estoque, para que assim, quaisquer atividades desenvolvidas dentro da empresa, sejam estruturadas e tão breve atinjam padrões aceitáveis e gere resultados ainda melhores de fluxo de estoque e vida útil prolongada de equipamentos e ferramentas. Em seguida das fases de planejamento e organização, deve-se ter atenção para que as informações e demandas cheguem até o setor de manutenções de maneira mais alinhada e na íntegra possível, a fim de evitar contratempos e desacordos nos processos cotidianos da empresa.

O plano de gestão de manutenção proposto tem como objetivo estabelecer controle e programação no departamento de manutenção, além de assegurar o funcionamento adequado dos equipamentos utilizados na empresa. Isso garante uma produção de alta qualidade, sem perdas de tempo ou de produção.

A análise do setor identificou os principais problemas que impactam a qualidade e produtividade das operações de manutenção. Esses problemas foram comparados com as preocupações dos stakeholders interessados na eficácia da manutenção. A proposta é um fluxo lógico de etapas, com atribuição de responsabilidades e informações necessárias, que visa facilitar a implementação e garantir a participação de todos os envolvidos no processo, incluindo a equipe de manutenção e seus clientes diretos.

Na Tabela 1, faz-se uma referência pontual ao programa de qualidade 5S, como parte importante dentro do programa de implementação de qualidade, de um sistema de gestão de manutenção; são cinco conceitos simples que, quando aplicados, têm o poder de influenciar positivamente o estado de ânimo, o ambiente de trabalho, a maneira como realizar as tarefas diárias e atitudes. Tem grande aplicabilidade de conceitos empresariais (padrões operacionais, eficiência no trabalho, facilidade de manutenção e segurança no trabalho); pessoais e atitudes que direcionam a boas práticas laborais do dia-dia, são elas: Senso de Utilização, Senso de Ordenação, Senso de Limpeza, Senso de Asseio, Senso de Autodisciplina (a expressão "Senso de" denota a habilidade de apreciar, julgar e compreender. Também implica a aplicação adequada da razão para avaliar ou raciocinar em situações específicas no ambiente de trabalho).



Tabela 1 – Conceitos simples de cada "S".

	<b>JAPONÊS</b>	<b>INGLES</b>	<b>LINGUA PORTUGUÊSA</b>
1º S	SEIRI	SORTING	SENSO DE <b>UTILIZAÇÃO</b> ARRUMAÇÃO ORGANIZAÇÃO SELEÇÃO
2º S	SEITON	SYSTEMATYZING	SENSO DE <b>ORDENAÇÃO</b> SISTEMATIZAÇÃO CLASSIFICAÇÃO
3º S	SEISOU	SWEEPING	SENSO DE <b>LIMPEZA</b> ZELO
4º S	SEIKETSU	SANITIZING	SENSO DE <b>ASSEIO</b> HIGIENE SAÚDE INTEGRIDADE
5º S	SHITSUKE	SELF-DISCIPLINING	SENSO DE <b>AUTODISCIPLINA</b> EDUCAÇÃO COMPROMISSO

Fonte: Adaptado de (CAMPOS et al., 2005).

As atividades foram planejadas com base no método PDCA, por ser um ciclo de melhoria contínua. Na fase de planejamento, utilizou-se o plano de ação no formato 5W2H para definir as atividades a serem realizadas, os responsáveis, os prazos e os recursos necessários. As Tabelas 2 e 3 apresentam, o plano de ação de todas as etapas envolvidas na estruturação e elaboração da proposta para o plano de gerenciamento de manutenção, que serão explanados mais adiante, para em seguida desenvolver a criação do Mínimo Produto Viável (MPV) para a gestão de manutenção da empresa.

**Tabela 2 – PARTE 1 e 2 -Ferramenta de auxílio 5W2H para orientação do plano de ação do MPV de manutenção.**

PERGUNTA A SER RESPONDIDA		AS RESPOSTAS EM CADA UM DOS RESPECTIVOS PASSOS			
		I	II	III	IV
5W	<b>WHAT? (o que?)</b>	Verificar as problemáticas nos respectivos setores produtivos	Ordenar as ferramentas e estrutura física do setor	Definir os tipos, as quantidades e importância dos equipamentos	Definir a manutenção adequada para cada equipamento
	<b>WHY? (por que?)</b>	Reconhecer os desafios mais relevantes e demonstrar a aplicabilidade de um sistema de gestão	Simplificar a introdução do sistema de gestão e a execução das tarefas	Estabelecer os tipos apropriados de manutenção e identificar os itens críticos visando a redução de perdas	Para auxiliar na identificação das tarefas a serem executadas para cada equipamento e na elaboração de documentos relacionados
	<b>WHERE? (onde?)</b>	O setor de manutenção	Oficina de manutenções	Em toda a empresa	Setor de manutenção
	<b>WHEN? (quando?)</b>	Parte I	Tomadas de ações após constatações das problemáticas	Dando prosseguimento de ações depois do passo II	Depois do passo III
	<b>WHO? (quem?)</b>	Com os funcionários de cada processo	Setor de manutenção	Profissionais dos setores de operação, manutenção e de suprimento	Setor de manutenção
2H	<b>HOW? (como?)</b>	Por meio de entrevistas e sessões de brainstorming	Uma sugestão seria por meio do programa 5S ( ver TABELA 1)	Elaborar critérios para avaliar os equipamentos, a depender do tipo de equipamento observado in loco	Examinando os grupos de equipamentos e igualmente os níveis de importância dos mesmos
	<b>HOW MUCH? (quanto?)</b>	—	—	—	—

Fonte: O Autor, adaptado de (GOMES, 2020).

**Tabela 3 – PARTE 1 e 2 -Ferramenta de auxílio 5W2H para orientação do plano de ação do MPV de manutenção.**

PERGUNTA A SER RESPONDIDA		AS RESPOSTAS EM CADA UM DOS RESPECTIVOS PASSOS				
		V	VI	VII	VIII	IX
5W	<b>WHAT? (o que?)</b>	Criar diagramas de fluxo informativos	Elaborar documentos e normas de manutenção	Determinar indicadores e estabelecer metas	Realizar treinamento da equipe	Efetuar a implementação da proposta
	<b>WHY? (por que?)</b>	Com o objetivo de estabelecer a base para documentos e padrões de manutenção, bem como para visualizar e determinar o fluxo de atividades	Assistir na realização das tarefas de manutenção e estabelecer um padrão de execução	Com o propósito de estabelecer os objetivos a serem alcançados	Com o objetivo de apoiar a implementação da proposta	Com o objetivo de eliminar as causas dos problemas nos equipamentos
	<b>WHERE? (onde?)</b>	Setor de manutenção	Setor de manutenção e de planejamento	Gerência e setor de planejamento	Setor de manutenção	Toda a empresa
	<b>WHEN? (quando?)</b>	Depois do passo IV	Em simultâneo com o passo IV	Depois da implementação e em fluxo contínuo	Depois do passo VI	Logo após a aprovação pela diretoria
	<b>WHO? (quem?)</b>	A manutenção	A manutenção e o planejamento financeiro	Gerência e planejamento	Gerência, gestão de pessoas e manutenção	A gerência
2H	<b>HOW? (como?)</b>	Elaborando os diagramas de fluxo das atividades que foram definidas na fase anterior	Enumerando as informações e os formatos requeridos para os documentos	Analisando os padrões globais e regionais dos indicadores aplicáveis à organização	Por meio de palestras, cursos, seminários e acompanhamento que podem ser realizados nas instalações da empresa	Executando todas as fases anteriores
	<b>HOW MUCH? (quanto?)</b>	—	—	—	—	—

Fonte: O Autor, adaptado de (GOMES, 2020).

As etapas dispostas pelas Tabelas 2 e 3 serão comentadas a seguir, mais especificamente o tópico **WHAT? (o que?)** dos passos I ao IX, não havendo sua real implementação prática, este trabalho está apenas pautado em estudos in loco.

## **I Verificar as problemáticas nos respectivos setores produtivos**

A manutenção é uma função complexa que exige organização, planejamento, programação, alocação de recursos financeiros e treinamento, visto que a manutenção é uma função importante e complexa e que requer uma abordagem sistemática. Para elaborar uma proposta eficaz do sistema gerencial de manutenção, é necessário identificar os principais problemas que a área enfrenta. A seguir, são apresentados e descritos esses problemas:

- 1- As constantes falhas de equipamentos levam a longos tempos de parada para manutenção, o que resulta em baixa produção e produtividade;
- 2- Os operadores reclamam que as máquinas se desregulam repentinamente e sem motivo aparente;
- 3- A falta de organização da oficina dificulta o acesso às ferramentas e peças de reposição. Além disso, a falta de ferramentas essenciais e o controle de estoque inadequado comprometem a execução do trabalho;
- 4- A empresa possui um setor de planejamento, mas ele não é responsável pelo planejamento da manutenção. As atividades de manutenção são realizadas de forma reativa, conforme as falhas aparecem. Isso resulta em perdas de produção, principalmente quando há necessidade de peças de reposição. A falta de planejamento também compromete o estoque de peças de reposição, pois não existe uma política de mínimos. O inverso também existe, alguns materiais encontram-se em excesso e muito tempo guardados, como pode ser observado nas Figuras 13, 14 e 15. Além disso, não há uma programação de paradas para revisão dos equipamentos, o que significa que a empresa não realiza manutenção preventiva;

**Figura 13 – Disposição física e de recursos do estoque da empresa MEMPS.**



Fonte: O Autor.

**Figura 14 – Estoque da empresa.**



Fonte: O Autor.

**Figura 15 – Disposição de materiais acumulados em pátios da empresa MEMPS.**



Fonte: O Autor.

- 5- Os indicadores de desempenho são ferramentas essenciais para a análise e medição do processo de manutenção. A ausência desses indicadores impede que metas sejam estabelecidas e medidas, o que dificulta o controle e a melhoria do desempenho do setor;
- 6- A falta de ordens de serviço, a execução de solicitações de manutenção de forma verbal ou por meio de listas de pendências, a ausência de um encarregado técnico, a tomada de decisões de forma informal, a falta de registro de problemas e soluções, e a falta de dados de equipamentos e históricos de manutenção levam a desinformação, confusão e ineficiência no setor de manutenção;
- 7- A falta de uma ficha de cadastro para os equipamentos e a desorganização da documentação técnica dificultam o acesso às informações necessárias para a manutenção dos equipamentos;
- 8- A falta de registros de manutenção impede que seja criado um histórico das máquinas, o que dificulta a identificação de problemas e a tomada de decisões sobre a manutenção.

## **II Ordenar as ferramentas e estrutura física do setor**



A oficina está estruturada para atender às solicitações de serviços, mas apresenta alguns problemas que podem ser resolvidos com um investimento mínimo. Os investimentos deverão ser utilizados para:

- a) Pintura das paredes da oficina;
- b) Reforma do piso neste local;
- c) Aquisição de mais estantes de metal para aquele espaço;
- d) Aquisição de novas ferramentas básicas.

Durante a observação in loco, constatou-se a utilização de ferramentas básica de manutenção que suprem o que é necessário, porém a aquisição de novas e melhores ferramentas, favoreceriam os serviços de manutenção.

O espaço possui estantes para armazenamento de materiais de peças de reposição, entre outros itens, contudo, ainda é significativo a presença de materiais dispostos pelo chão da sala de manutenção e igualmente, em alguns pontos pela empresa, como mostrado na Figura 16, fazendo-se portanto a necessidade de um trabalho de organização e gerenciamento destes recursos. A responsabilidade destes materiais e as peças de reposição do almoxarifado do setor, deve ser gerenciado pelo almoxarifado central da empresa, sob a responsabilidade do setor de Suprimentos.

**Figura 16 – Diferentes materiais e equipamentos pela empresa.**



Fonte: O Autor.

### **III Definir os tipos, as quantidades e importância dos equipamentos**

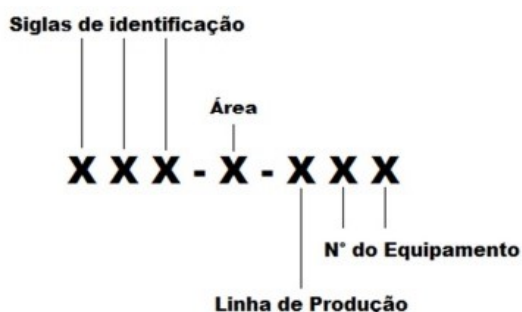
A metodologia 5S, por ser uma ferramenta que visa à mudança na educação e logo no comportamento das pessoas e organização dos espaços laborais, e por isso é de grande valia para as organizações. Tais conceitos trazem reflexões para os tópicos logo abaixo, como foi explanado na Tabela 1, faz-se necessário na medida em que questionamentos devem ser solucionados, tais como:

- a) Qual a quantidade e tipos de equipamentos na empresa?
- b) O condicionamento destes recursos, estão dispostos no mesmo setor ou locais diferentes?
- c) O nível de importância, destes suprimentos e equipamento no processo produtivo é realmente significativo?

Após a elucidação destes questionamentos, terá-se em mente uma melhor clareza nas escolhas e estratégias do sistema de gestão de manutenção, O primeiro passo para a padronização de todos os itens, é identificar todas as máquinas e suprimentos presentes no setor industrial da empresa. Em seguida, deve ser realizado o processo de tagueamento ou inventário, para registrar as informações de cada máquina. O tagueamento seguirá a metodologia segundo (VIANA, 2012).

Conforme Bandeira (2014) as siglas de identificação representarão três letras relacionadas ao nome da máquina. Os setores da produção terão relação com a área, ou seja, cada setor irá gerar um número de área, assim como cada linha de produção. Por fim o número do equipamento será definido em função da quantidade de máquinas que realizam a mesma atividade, conforme a Figura 17.

**Figura 17 – Estrutura para formação do Tag.**



Fonte: (BANDIERA, 2014).

É sugerido na Tabela 4 um sistema de codificação alfanumérico, realizada de forma semelhante ao tagueamento, porém, a estrutura será composta por três siglas



de identificação do equipamento e até quatro algarismos para representar a posição e individualização do mesmo, de modo a facilitar a memorização. Esse procedimento será elaborado pelo setor de suprimentos da empresa, contudo vale ressaltar que ainda houveram materiais que ficaram fora desta lista de catalogação, muito por conta de dificuldades de levantamentos e impossibilidade de parada de produção.

**Tabela 4 – TAG da empresa.**

<b>DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO</b>	<b>TAG</b>
Esmerilhadeira 4 1/2"	EEQ 001 a EEQ 999
Esmerilhadeira 7"	EES 001 a EES 999
Máquina de Solda Eletrodo Revestido	MSE 001 a MSE 999
Máquina de Solda MIG	MSM 001 a MSM 999
Ponte Rolante	PNT 001 a PNT 999
Pórtico Rolante	PRT 001 a PRT 999
Retificadora Manual	RTM 001 a RTM 999
Furadeira Manual	FRM 001 a FRM 999
Furadeira de Bancada	FRB 001 a FRB 999
Furadeira de Base Magnética	FBM 001 a FBM 999
Torno Industrial Comum	TOR 001 a TOR 999
Torno CNC	TCN 001 a TCN 999
Calandra	CLD 001 a CLD 999
Máquina de Corte a Plasma	MCP 001 a MCP 999
Empilhadeira	EMP 001 a EMP 999
Tartaruga Magnética	TMG 001 a TMG 999
Compressores	CPS 001 a CPS 999
FAMTHE	FAMTHE 001 a FAMTHE 999

Fonte: O Autor, adaptado de (MEMPS, 2023).

Como forma de catalogação e descrição do tipo de equipamentos dispostos na empresa, tem-se na Tabela 5 uma forma de descrição destas mesmas aparelhagens, que são apresentadas na Figura 18, necessário para entender o tipo de criticidade e qual o tipo de manutenção adequada a ser planejada/executada. Muitas das vezes, as intervenções de manutenção vão estar entrelaçados à complexidade do equipamento e processos de produção.

É de vital importância que equipamentos muito utilizados nos processos produtivos não parem, logo são de maior nível de criticidade, até os equipamentos que não sejam vitais, de modo que suas paradas, não geram perdas de produção somente custos de reparo (nível baixo de criticidade).

Segundo Pinto (2009) a classificação de equipamentos por criticidade deve, portanto, considerar os aspectos como, importância da máquina no processo produtivo

(qualidade e produtividade), custo ou dificuldade de aquisição de sobressalentes, não existência de máquinas de reserva, custo da própria máquina, custo e/ou dificuldade de intervenção e a segurança pessoal e operacional.

**Tabela 5 – Tipificação de equipamentos.**

DESCRIÇÃO	EQUIPAMENTO
PORTÁTEIS	Esmerilhadeira
	Furadeira
	Retífica
FIXOS	Torno
	Calandra
	Guilhotina
	Máquina de Plasma
MOVIMENTAÇÃO DE CARGA	Compressor
	Ponte Rolante
	Pórtico Rolante
	Empilhadeira
FAMTHE	Caminhão Munck
	FAMTHE
Grupo Gerador	Grupo Gerador

Fonte: O Autor.

**Figura 18 – Equipamento fixos e movimentação de carga: (a) Torno, (b) Calandra, (c) Guilhotina, (d) Máquina de Plasma (e) Ponte Rolante, (f) Pórtico Rolante, (g) Empilhadeira, (h) FAMTHE-fábrica móvel de tubos helicoidais.**



Fonte: O Autor.

#### IV Definir a manutenção adequada para cada equipamento

Viana (2012) comenta que existem várias implicações importantes que devem ser observados para cada tipo de equipamento específico, sendo estes:

- **Recomendações dos fabricantes:** Os fabricantes de equipamentos geralmente fornecem recomendações específicas sobre o tipo de manutenção que deve ser realizada. Essas recomendações são baseadas em sua experiência e conhecimento dos equipamentos.
- **Segurança do trabalho e meio ambiente:** A manutenção de equipamentos pode apresentar riscos à segurança dos trabalhadores e ao meio ambiente. É importante considerar esses riscos ao escolher o tipo de manutenção.
- **Características do equipamento:** O tipo de manutenção a ser realizada deve ser adequado às características do equipamento. Por exemplo, equipamentos que operam em ambientes agressivos podem exigir manutenção mais frequente.
- **Fator econômico:** O custo da manutenção deve ser considerado ao escolher o tipo de manutenção. A manutenção preventiva é geralmente mais cara do que a manutenção corretiva, mas pode ajudar a reduzir custos a longo prazo.

Na Tabela 6 é mostrada a tipificação dos equipamentos acrescido do tipo de manutenção sugerida com base nas implicações importantes descritas por (VIANA, 2012) e nos estudos dentro da empresa.

**Tabela 6 – Tipificação de equipamentos e o tipo de manutenção.**

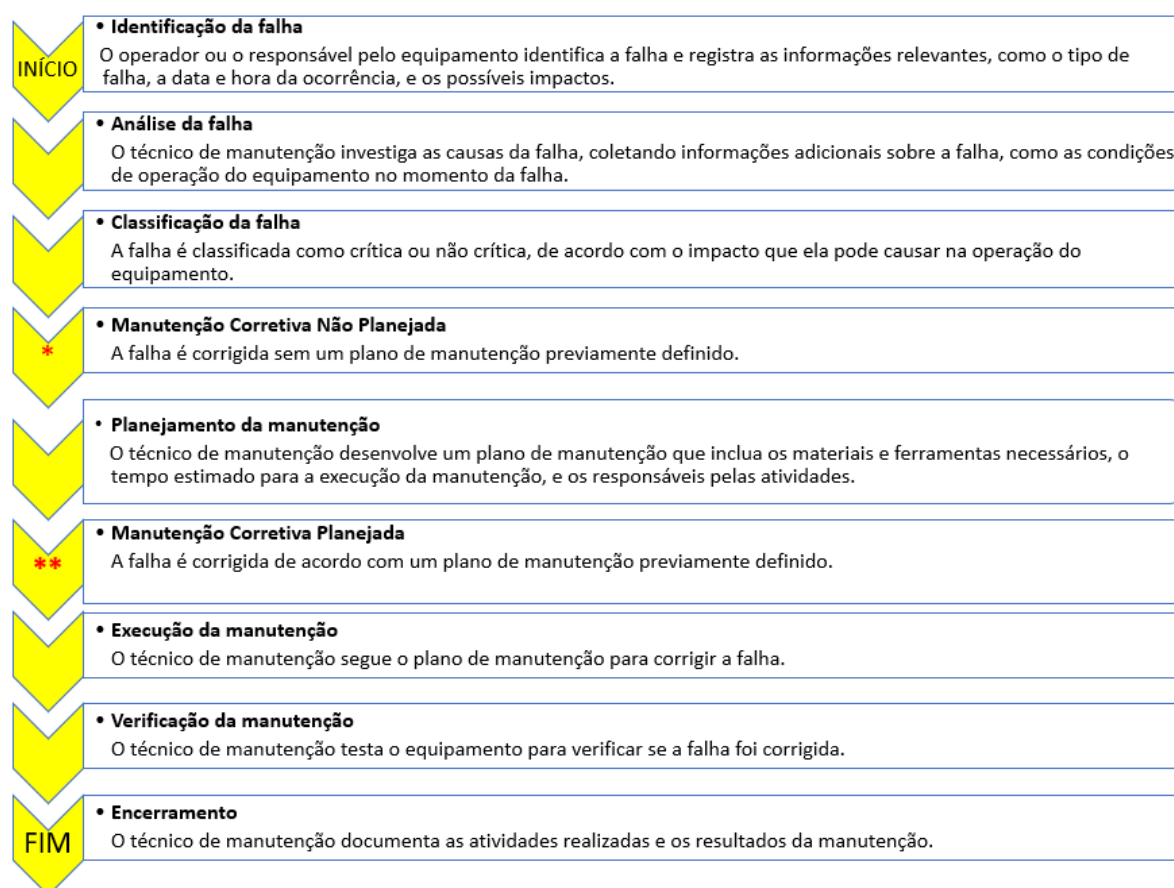
DESCRIÇÃO	EQUIPAMENTO	TIPO DE MANUTENÇÃO
PORTÁTEIS	Esmerilhadeira	Corretiva Planejada
	Furadeira	
	Retífica	
FIXOS	Torno	Preventiva
	Calandra	
	Guilhotina	
	Máquina de Plasma	
	Compressor	
MOVIMENTAÇÃO DE CARGA	Ponte Rolante	Preventiva
	Pórtico Rolante	
	Empilhadeira	
	Caminhão Munck	
FAMTHE	FAMTHE	Preventiva
Grupo Gerador	Grupo Gerador	Preventiva

Fonte: O Autor.

## V Criar diagramas de fluxo informativos

A sugestão para os tipos de manutenção, neste sistema de gerenciamento de manutenções, vem a ser do tipo **corretiva** (planejada e não planejada, quando houverem imprevistos) e do tipo **preventiva** (vem a ser a ideal, levando-se em conta as necessidades de produção e demais fatores envolvidos). Quando um equipamento precisa de manutenção, o operador ou o responsável de área deve abrir uma solicitação de serviço (SS). Se a SS for aberta pelo operador, ela precisa ser aprovada pelo responsável de área. Uma vez que a SS seja validada, ela é encaminhada para o planejamento, que irá analisar a criticidade do equipamento. Se o item for crítico, uma ordem de manutenção (OM) é gerada imediatamente e encaminhada para o responsável pela manutenção, que deve realizar a intervenção imediatamente. Se o item não for crítico, a SS é programada e, após isso, uma OM é gerada. A OM é encaminhada para o setor responsável pela sua execução e deve ser executada no prazo estabelecido. Em ambos os casos, a OM deve ser registrada e arquivada. De maneira sucinta, as etapas de manutenção estão descritas no fluxograma da Figura 19.

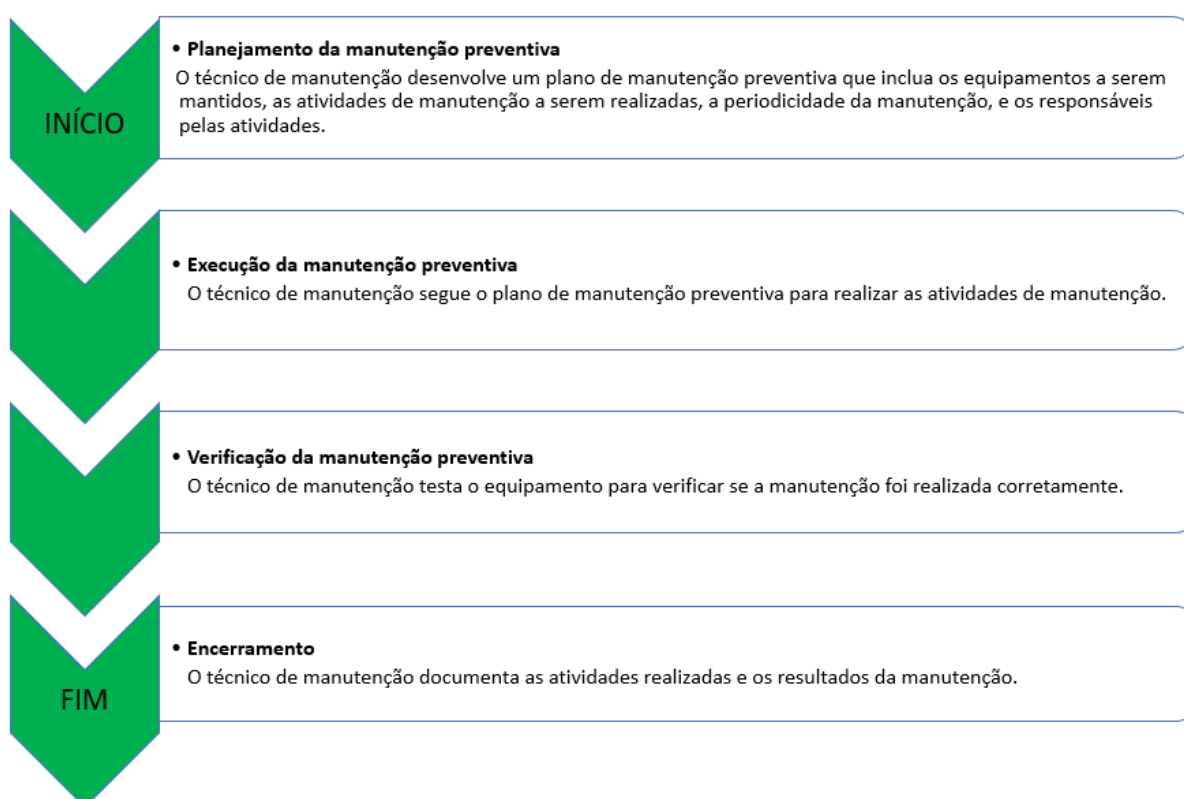
**Figura 19 – Fluxograma de Manutenção corretiva.**



Fonte: O Autor, adaptado de (VIANA, 2012).

Para realizar a manutenção preventiva, é necessário um plano preventivo. Assim que o plano for elaborado, uma ordem de manutenção (OM) é gerada. Após o prazo de execução da OM, o planejamento verifica se ela foi encerrada. Se a OM foi encerrada, inicia-se a contagem para a programação da próxima manutenção. Se a OM estiver pendente, ela deve ser programada para ser executada o mais rápido possível. As OM provenientes de planos de manutenção devem ser registradas e arquivadas, assim como as OM provenientes de solicitações de serviço. Também descrito de maneira concisa no fluxograma da Figura 20.

**Figura 20 – Fluxograma de Manutenção preventiva.**



Fonte: O Autor, adaptado de (VIANA, 2012).

## VI Elaborar documentos e normas de manutenção

Após analisar os tipos de equipamentos e sua criticidade, é definido o tipo de manutenção adequado para cada um. Com essas informações colhidas e tendo como de partida metodológico, o fluxograma, as demais etapas da proposta de manutenção podem ser iniciadas. Sendo assim, de grande importância a padronização de documentos, já que é necessária para registrar as intervenções, tanto corretivas quanto

preventivas. Esses registros criam um histórico de manutenção, que podem ser usados para analisar falhas e ocorrências que possam ocorrer futuramente.

A documentação de manutenção é um componente essencial de um programa de manutenção eficaz, que fornecem as informações necessárias para planejar, executar e avaliar as atividades de manutenção. Eles também ajudam a garantir que a manutenção seja realizada de forma consistente e segura (SILVA et al., 2023).

Dentre os documentos aqui abordados, para uma melhor organização do sistema de gestão, propõe-se: **Solicitação de Serviço (SS)**; **Ordem de Manutenção (OM)**; **Formulário de cadastro de equipamentos**; **Procedimentos Técnicos e Manuais de Treinamentos**.

- **Solicitação de Serviço (SS):** é um documento formal que solicita a realização de um serviço de manutenção. É um documentação básica para a gestão da manutenção, pois permite que as solicitações de manutenção sejam registradas, priorizadas e controladas. Uma SS deve conter informações como: descrição do problema, localização do equipamento, prioridade, data prevista para execução e recursos necessários.
- **Ordem de Manutenção (OM):** é o documento mais importante, é o que solicita a realização de um serviço de manutenção. É um documento essencial para a gestão da manutenção, pois permite que as solicitações de manutenção sejam registradas, priorizadas e controladas. Uma OM deve conter as seguintes informações: descrição do problema, localização do equipamento, tipo de manutenção, prioridade, data prevista para execução, recursos necessários, observações, aprovação, execução, conclusão, assinatura do solicitante, executor e aprovador. A OM deve ser preenchida pelo solicitante da manutenção, que pode ser um operador, um supervisor ou um gerente. Após o preenchimento, a OM deve ser encaminhada para a área de manutenção, que irá avaliar e determinar a melhor forma de atender à solicitação. As OM são uma ferramenta importante para garantir que as atividades de manutenção sejam realizadas de forma eficiente e eficaz. Elas ajudam a garantir que as solicitações de manutenção sejam atendidas no prazo correto, com o nível de qualidade adequado e com o custo mínimo.
- **Formulário de cadastro de equipamentos:** documento que coleta informações sobre um equipamento, incluindo suas características, localização, uso e histórico de manutenção. Essas informações são essenciais para a gestão da manutenção, pois permitem que os equipamentos sejam registrados, monitorados

e mantidos de forma adequada, o que contribui para a segurança, a eficiência e a produtividade da empresa

- **Procedimentos Técnicos e Manuais de Treinamentos:** procedimentos técnicos são documentos que descrevem, de forma detalhada, como realizar uma tarefa ou atividade de manutenção. Eles são utilizados para garantir que as atividades de manutenção sejam realizadas de forma uniforme e segura. Manuais de treinamentos são documentos que fornecem instruções e informações sobre como realizar uma tarefa ou atividade. Eles são utilizados para capacitar os funcionários a realizarem suas atividades de forma segura e eficaz.

## VII Determinar indicadores e estabelecer metas

Em qualquer sistema, determinar indicadores e metas ajudam a medir o desempenho do sistema e a identificar áreas de melhoria. Estas mesmas ferramentas, para um sistema de gerenciamento de manutenções deve considerar os objetivos da empresa, como aumento de produção e/ou aumentar a disponibilidade de seus equipamentos. Concentrando, portanto, na redução do tempo de inatividade. Como alguns indicadores e metas para o sistema de gerenciamento, podem ser:

### INDICADORES:

- **Tempo médio entre falhas (MTBF):** O tempo médio que um equipamento pode funcionar sem falhar.
- **Tempo médio para reparo (MTTR):** O tempo médio necessário para reparar um equipamento após uma falha.
- **Disponibilidade:** A porcentagem de tempo que um equipamento está disponível para uso.
- **Confiabilidade:** A probabilidade de um equipamento funcionar sem falhar por um determinado período de tempo.
- **Custo de manutenção:** o custo total de manutenção de um equipamento ou de uma frota de equipamentos.
- **Maximizar a produção:** Aumentar a quantidade de produtos ou serviços produzidos em um determinado período de tempo.
- **Reduzir os custos de produção:** Reduzir os custos de materiais, mão de obra e energia envolvidos na produção.

- **Melhorar a qualidade dos produtos ou serviços:** Garantir que os produtos ou serviços atendam aos padrões de qualidade exigidos.
- **Garantir a segurança dos funcionários:** Proteger os funcionários de acidentes e lesões.

#### **METAS:**

- Reduzir o tempo de inatividade em 10%.
- Reduzir a taxa de falhas em 25%.
- Reduzir o custo de manutenção em 5%.
- Aumentar a produtividade em 15%.
- Reduzir o número de produtos ou serviços não conformes em 10%.
- Reduzir o número de acidentes e lesões em 5%.

Com a implementação destas sugestões, para o sistema de gerenciamento de manutenções, a expectativa é de que os processos e a rotina na empresa, se tornem cada vez mais eficazes e assim conseguir com que a mesma atinja seus objetivos de negócios, aumentando a produção, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

#### **VIII Realizar treinamento da equipe**

Relacionado a isso, Oliveira e Lima (2002) apud Rodrigues (2003) definem:

O processo de preparação dos funcionários para trabalhar focados em confiabilidade inicia-se com a introdução de uma política estruturada de capacitação e desenvolvimento, onde são identificadas as habilidades necessárias para execução das atividades e a homogeneização do conhecimento técnico da equipe.

A importância de treinar os envolvidos no processo de manutenção é fundamental para garantir a eficiência e a eficácia das atividades de manutenção. O treinamento deve ser realizado de forma contínua e abrangente, envolvendo todos os funcionários que trabalham com manutenção, desde os operadores de máquinas até os técnicos de manutenção.



Essas capacitações devem ser realizados por profissionais qualificados e experientes. Sendo assim, deve ser prático, com exercícios e atividades que permitam aos funcionários aplicar o conhecimento adquirido.

O treinamento deve trazer novos conceitos aos funcionários, proporcionando um entendimento básico de como os equipamentos funcionam e como a manutenção pode ajudá-los a durar mais, propiciar aos colaboradores familiaridade com os procedimentos de manutenção corretos para cada tipo de equipamento, como trabalhar com segurança e as mais recentes e modernas aplicações tecnológicas de manutenção.

## IX Efetuar a implementação da proposta

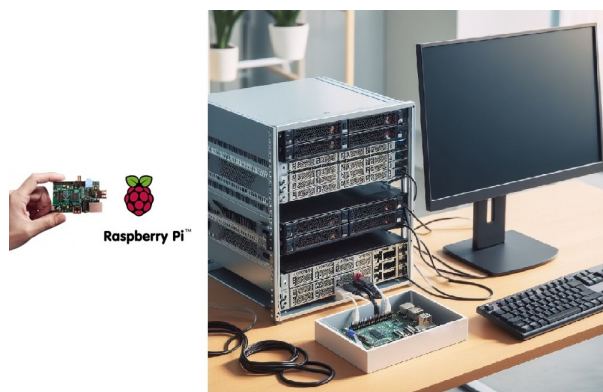
A implantação do sistema proposto é a fase de execução do ciclo PDCA. Essa fase é essencial para o sucesso do sistema, pois é nela que todas as etapas serão desenvolvidas. O uso do sistema proposto pode trazer diversos benefícios, como a redução de ociosidade de equipamentos e mão de obra, melhoria no fluxo de atividades, redução de tempo de paradas e equipes cientes de suas atividades. Logo, essas considerações, podem levar à redução de custos e ao aumento da produtividade.

A decisão de implantar o sistema é de caráter gerencial da empresa. No entanto, é importante realizar melhorias e ajustes para que a implantação seja bem-sucedida, identificados no plano de ação. O ciclo PDCA é uma ferramenta eficaz para esse objetivo. Tal sistema de gerenciamento, como qualquer outro, deve ser revisado e avaliado periodicamente para identificar oportunidades de melhoria ao longo do tempo.

### 6.2.1 Proposta de aplicabilidade do Minimum Viable Product (MVP)

A proposta de MVP consiste em criar um tipo de **servidor local por meio de um micro computador chamado Raspberry pi 5**, Figura 21, que permite a conexão de periféricos, como mouse, teclado e outros dispositivos e possibilitando implicações de vários tipos de projetos, sendo mais poderosas que as placas Arduino. Para tal aplicação é necessário SSD (para melhor performance, HDD para backup de armazenamento e um micro cartão de memória para instalação do sistema operacional (Linux Debian, Raspbian, Fedora, Windows IoT Core, Android, entre outros), que ficam a critério e necessidades do usuário. O acesso ao servidor local pode ser tanto pelo Wi-Fi local, da fábrica, quanto remotamente (fora da fábrica).

**Figura 21 – Microcontrolador e servidor local.**



Fonte: (MICROSOFT, 2023).

Um dos tópicos abordados neste estudo, vem a ser a abordagem correta dos procedimentos técnicos e da importância dos treinamentos. Como o MVP propõe a utilização de novas ferramentas computacionais, as instruções e procedimentos podem vir a ser por meio de vídeos e atividades que reforcem o aprendizado prático e a segurança do trabalho destes profissionais junto aos equipamentos e rotinas da empresa, podem cada vez mais serem disponibilizados para serem acessados pelos colaboradores, entre outras iniciativas que venham acrescentar, ouvindo sempre as sugestões dos funcionários.

Entre tantas possibilidades, é possível ter o controle de pessoas, nível de hierarquias de usuários e até onde vai suas atribuições (o usuário pode ler as ordens de serviço, qual usuário vai executar o comando e qual usuário vai poder editar as ordens de serviço/comandos), a possibilidade de assinaturas eletrônicas, acesso ao acervo do almoxarifado, estoque da empresa, acompanhamento de ordens de manutenção e de operação, histórico de produção e do equipamento, são algumas implicações, entre tantas outras aplicações no ambiente de trabalho.

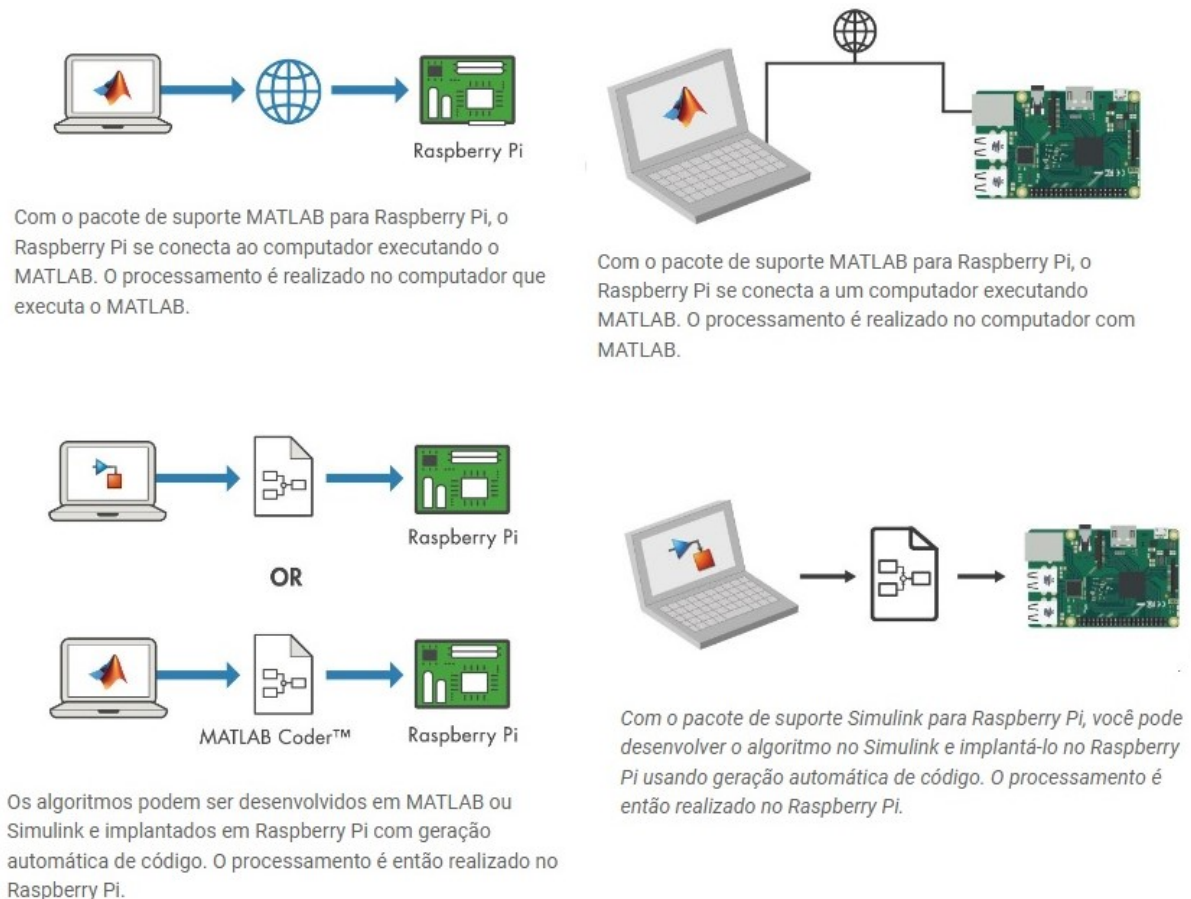
Os diferentes usuários podem ser técnicos, engenheiros, gerencia, RH, entre outros, de modo que proporcione um ambiente que favoreça a intercomunicação e de varias maneiras mais colaborativo entre diferentes usuários, dinamize processos burocráticos e diminua custos, como papeis e materiais físicos de escritórios. O pacote de suporte MATLAB para hardware Raspberry Pi™ permite programar aplicativos de duas maneiras:

**Comunicação interativa:** permite conectar-se remotamente a um Raspberry Pi e interagir com ele usando o MATLAB. Isso inclui a aquisição de dados de sensores e dispositivos de imagem, e a análise e visualização dos dados no MATLAB. **Execução**

**autônoma:** permite desenvolver aplicativos Raspberry Pi que podem ser executados de forma independente, sem a necessidade de um computador desktop. Isso é feito usando o MATLAB Coder para gerar código C equivalente ao código MATLAB. O pacote de suporte MATLAB para Raspberry Pi é uma ferramenta poderosa que pode ser usada para programar projetos Raspberry Pi. O MATLAB oferece uma variedade de recursos que tornam a programação no Raspberry Pi mais fácil e eficiente, conforme a Figura 22, incluindo:

**Facilidade de comunicação com o Raspberry Pi** (o MATLAB oferece funções para acessar os pinos GPIO da placa, câmeras e outros dispositivos conectados). **Facilidade de prototipagem e ajuste de algoritmos** (o MATLAB é uma linguagem interpretada de alto nível, o que torna fácil testar e modificar algoritmos). **Acesso a funções matemáticas e gráficas integradas** (o MATLAB inclui funções para processamento de imagem e vídeo, otimização, estatística e processamento de sinal).

**Figura 22 – Comunicação entre o Matlab e o Raspberry Pi.**



Fonte: (MATHWORKS, 2023b).

### 6.2.1.1 Detecção de borda usando função embutida no matlab para inspeção de equipamentos e suporte para manutenções preventiva e preditiva

A detecção de bordas é uma técnica de processamento de imagem que identifica as bordas de uma imagem e/ou vídeo de monitoramento ao vivo (por uma Webcam, por exemplo). As bordas são linhas ou curvas que separam regiões com diferentes intensidades de brilho. Elas são frequentemente associadas aos limites dos objetos em uma imagem.

Em processamento de imagem, detecção de bordas é o processo de identificação de regiões de uma imagem onde a intensidade de brilho muda abruptamente. Essas regiões são chamadas de bordas e são frequentemente associadas aos limites dos objetos em uma imagem.

A detecção de bordas usando função embutida no MATLAB torna-se uma ferramenta poderosa que pode ser usada para inspeção de equipamentos e suporte para manutenções preventiva e preditiva. Ela pode ser usada para:

- **Identificar danos ou defeitos em equipamentos:** pode ser usada para identificar danos ou defeitos em equipamentos, como rachaduras, corrosão ou desgaste. Isso pode ajudar a prevenir acidentes ou paradas não programadas na produção.
- **Monitorar o desgaste de componentes:** pode ser usada para monitorar o desgaste de componentes, como rolamentos ou engrenagens. Isso pode ajudar a identificar problemas potenciais antes que eles causem falhas catastróficas.
- **Realizar medições precisas:** pode ser usada para realizar medições precisas, como a espessura de uma peça ou a distância entre dois objetos. Isso pode ser útil para garantir que os equipamentos estejam operando dentro das especificações.

A detecção de bordas é usada principalmente para segmentação de imagens e extração de dados em áreas como processamento de imagens, visão computacional e visão de máquina. É uma técnica importante em muitas aplicações de processamento de imagem, incluindo **Segmentação** (dividir uma imagem em regiões distintas), **Extração de dados** (identificar objetos ou características em uma imagem/vídeo) e **Rastreamento**: (seguir o movimento de objetos em uma imagem/vídeo). A detecção de bordas pode ser usada para uma variedade de tarefas.

A detecção de bordas pode ser realizada usando uma variedade de técnicas, existem muitas funções integradas de detecção de borda disponíveis no Matlab, (Detector de bordas **Sobel**; Detector de bordas **Prewitt**; Detector de bordas **Robert**; Detector

de borda de **toras**; Detector de borda **Zerocross**; Detector **Canny Edge**, entre outros), Figura 23, cada uma com suas próprias vantagens e desvantagens.

Uma das técnicas mais comuns é o método Canny, que usa dois níveis de limite para detectar bordas fortes e fracas. As bordas fracas são incluídas na saída apenas se estiverem conectadas a bordas fortes. Isso ajuda a reduzir o efeito do ruído na imagem e a melhorar a precisão da detecção de bordas.

Segundo (LIMA, 2022), detectores de borda são ferramentas que identificam bordas em imagens. Para isso, eles usam diferentes estimadores derivados, cada um com uma definição específica (Figura 23). Alguns estimadores também permitem especificar se a operação deve ser sensível a bordas verticais, horizontais ou ambas. Os estimadores de borda retornam uma imagem binária, com 1's indicando a presença de bordas e 0's indicando a ausência.

**Figura 23 – Detecção de borda usando a função de biblioteca MATLAB.**

```
% importing the image
I = rgb2gray(imread("flowers.jpg"));
subplot(2, 4, 1),
imshow(I);
title("Gray Scale Image");

% Sobel Edge Detection
J = edge(I, 'Sobel');
subplot(2, 4, 2),
imshow(J);
title("Sobel");

% Prewitt Edge detection
K = edge(I, 'Prewitt');
subplot(2, 4, 3),
imshow(K);
title("Prewitt");

% Robert Edge Detection
L = edge(I, 'Roberts');
subplot(2, 4, 4),
imshow(L);
title("Robert");

% Log Edge Detection
M = edge(I, 'log');
subplot(2, 4, 5),
imshow(M);
title("Log");

% Zerocross Edge Detection
M = edge(I, 'zerocross');
subplot(2, 4, 6),
imshow(M);
title("Zerocross");

% Canny Edge Detection
N = edge(I, 'Canny');
subplot(2, 4, 7),
imshow(N);
title("Canny");
```

Fonte: (LIMA, 2022).

Outras técnicas de detecção de bordas incluem:

- **Detectores de borda baseados em derivação:** esses detectores usam a primeira ou segunda derivada da intensidade da imagem para detectar bordas, Figura 24.
- **Detectores de borda baseados em vizinhos:** esses detectores usam os valores de intensidade dos pixels vizinhos para detectar bordas, Figura 25.
- **Detectores de borda baseados em morfologia:** esses detectores usam operações morfológicas para detectar bordas, Figura 26.

A escolha da técnica de detecção de bordas mais adequada, depende do tipo de aplicação específica, portanto, é uma técnica poderosa que pode ser usada para melhorar a segurança, a eficiência e a produtividade. A detecção de bordas usando função embutida no MATLAB é uma ferramenta versátil que pode ser usada para uma variedade de tarefas de inspeção e manutenção. Ela é uma ferramenta valiosa para engenheiros, técnicos e outros profissionais que precisam monitorar o estado de equipamentos críticos.

**Figura 24 – Segmentação por Descontinuidade: Filtros Derivativos de 1ª e 2ª Ordem.**

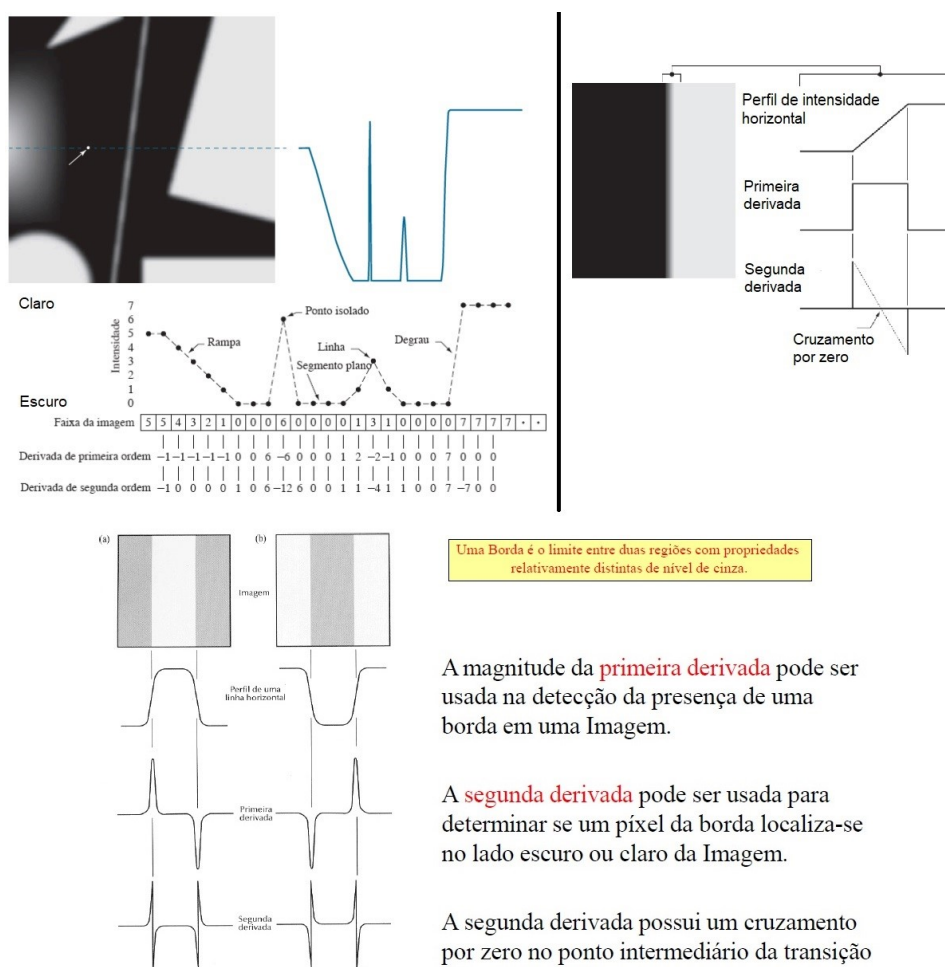
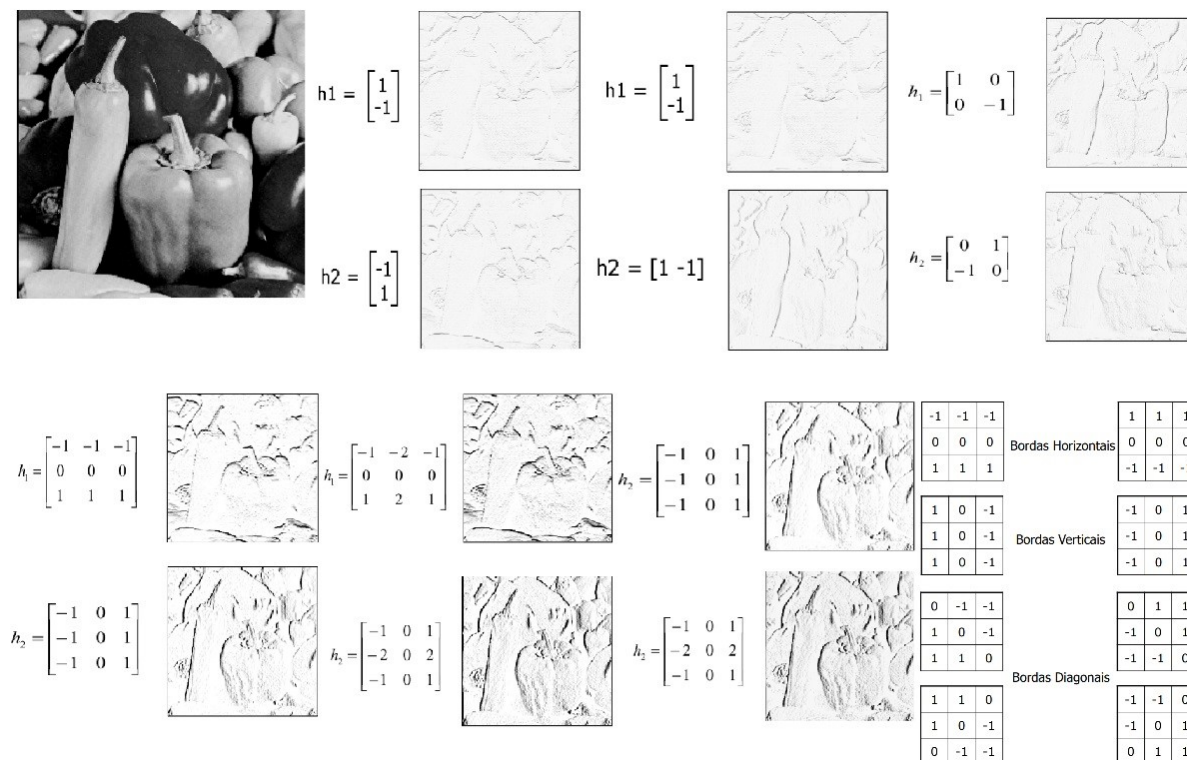


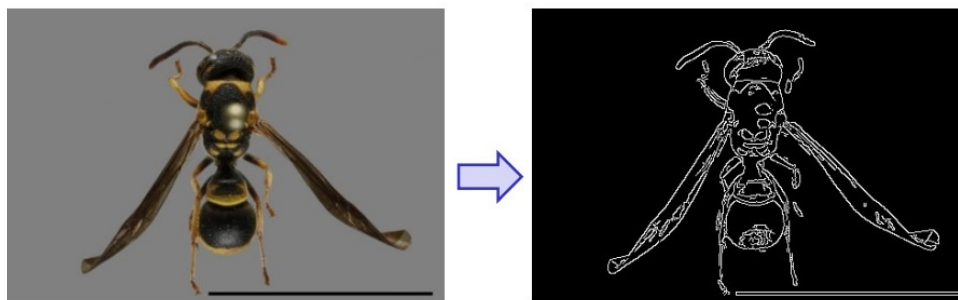


Figura 25 – Segmentação por vizinhança com correlação cruzada através da direção dos sinais.



Fonte: (VIEIRA M. A. DA C.; VIMIEIRO, 2021).

Figura 26 – Segmentação por Descontinuidade morfológica.

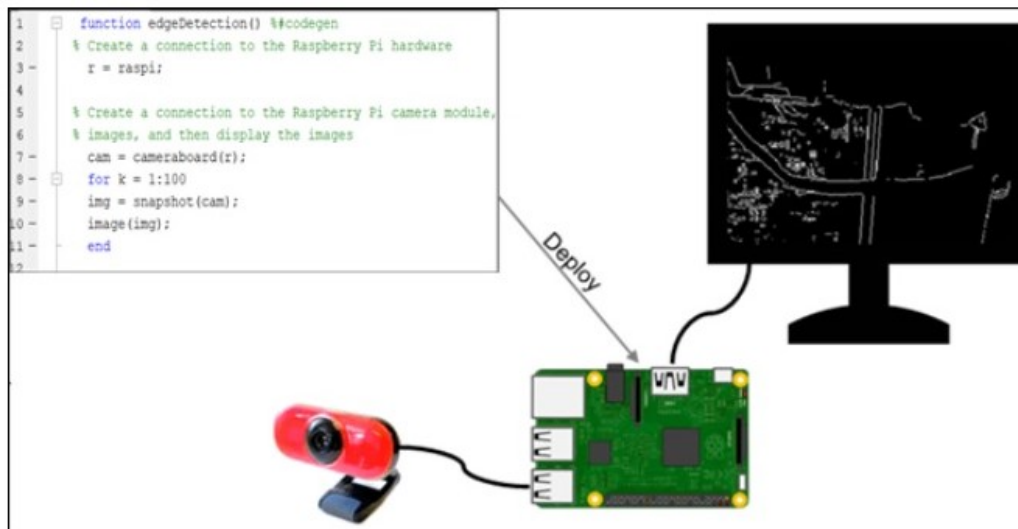


Fonte: (VIEIRA M. A. DA C.; VIMIEIRO, 2021).

### 6.2.1.2 Algoritmo de detecção de borda no hardware raspberry pi

Na Figura 27 mostra como implantar uma função de detecção de bordas no hardware Raspberry Pi como um executável independente, usando o pacote de suporte MATLAB para hardware Raspberry Pi. Demonstrando como adquirir uma imagem ao vivo de uma webcam conectada ao Raspberry Pi, executar a função de detecção de bordas na imagem adquirida e exibir o resultado em um monitor conectado ao Raspberry Pi.

Figura 27 – Implantando um algoritmo de detecção de borda no hardware Raspberry Pi.



```
function edgeDetection() %#codegen
% Create a connection to the Raspberry Pi hardware
r = raspi;

% Create a connection to the Raspberry Pi camera module, capture live
% images, and then display the images
w = webcam(r);

% Define convolutional kernel to be used for edge detection
kern = [1 2 1; 0 0 0; -1 -2 -1];
% Run the edge detection algorithm on the images captured from the Raspberry Pi camera module.
for k = 1:1000
img = snapshot(w);
h = conv2(img(:,:,2),kern,'same');
v = conv2(img(:,:,2),kern,'same');
e = sqrt(h.*h + v.*v);
edgeImg = uint8((e > 100) * 240);
imshow(edgeImg);
end
end
```

Fonte: (MATHWORKS, 2023a).

### 6.2.1.3 Modelo de algoritmo de detecção de criar e listar ordens de manutenção

Como forma de maior celeridade de processos de manutenção e redução de materiais como folhas de papel, optou-se por modelos de códigos que venham oportunizar a demonstração de novas ferramentas tecnológicas para questões que antes eram de ordens físicas e demoradas, para uma ferramenta computacional que trás novas comodidades e dinamização entre os profissionais envolvidos no processo de manutenção, como pode ser observado no apêndice c-30.



#### **6.2.1.4 Modelo de algoritmo de informações de ordens de serviço**

Por se tratar de documento de caráter emergencial, portanto, de manutenção corretiva, teve aqui o código implementado para reter o máximo de informações possível sobre o equipamento e dos procedimentos a serem adotados. Como sua aplicabilidade fica sujeito a interações e alterações virtuais, caso fosse preciso um material impresso em papel, as ordens de serviços poderiam ser facilmente obtidas em formato PDF, baixando dos programas utilizados ou até mesmo do servidor local da metalúrgica, mas destaca-se que tal implementação, foca na economia de recursos naturais (papel A4), entre outros materiais de escritório, o código pode ser observado na apêndice d-31.

#### **6.2.1.5 Modelo de algoritmo de controle de estoque**

O registro dos equipamentos e das intervenções nestes mesmos recursos devem ser contabilizadas para evitar desperdícios e excesso de ferramentas, o código pode ser visto em apêndice e-32, vem justamente favorecer tais informações e onde localizá-lo.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho acadêmico, por ter um enfoque metodológico teórico, para um sistema de gerenciamento de manutenções, por mais que possa ser aplicável para a empresa metalúrgica estudada, que demonstrou não ter um controle refinado sobre os processos de manutenção, este estudo justifica-se na medida em que reúne ferramentas que embasam as necessidades de uma manutenção correta e eficiente para o cotidiano da fábrica. Haja vista que favorece a redução de custos, prolonga a vida útil dos equipamentos e favorece o trabalho e a segurança dos colaboradores.

Os objetivos de maneira geral foram alcançados, de maneira específica, o Mínimo Produto Viável trás uma sugestão de ferramentas e a possibilidade de tornar a fábrica que atualmente é essencialmente uma indústria 2.0 (o emprego da Energia elétrica, produção de linha de montagem, o uso do Motor à explosão) para uma industria 3.0 ou superior (automação, robótica, computadores, internet e eletrônicos) por meio de novas possibilidades de inspeção, maiores implicações tecnológicas, possibilidade de automatização por meio de detecções de bordas, melhorar a qualidade de manutenção e futuramente poder trabalhar com manutenção centrada na confiabilidade.

As implicações de projetos que os computadores e softwares como o Matlab proporcionam, são promissoras. Quando voltados para algo tão essencial como a manutenção, para as empresas, favorece ainda mais a sobrevivência de qualquer organização.

### 7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Acompanhar a implantação do sistema de gestão de manutenção de forma prática;
- implementação de maneira prática do Mínimo Produto Viável e acompanhar as devidas mudanças na metodologia desta ferramenta junto a empresa;
- Colher os Feedbacks dos colaboradores e igualmente seus Brainstorms.

## REFERÊNCIAS

- ABECOM. **Manutenção preditiva: o que é? Quais técnicas e vantagens?** 2021. São Paulo. Acessado em 8 de set. de 2023. Disponível em: <<https://www.abecom.com.br/o-que-e-manutencao-preditiva/>>.
- AGUIAR, S. Integração das ferramentas da qualidade ao pdca e ao programa 6 sigma. **Nova Lima: Tecnologia e Serviços LTDA**, p. 1205–1206, 2006.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462:1994. Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- BANDIERA, C. T. **Análise para implementação de um sistema de controle de manutenção: um estudo de caso**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.
- BLANK, S. G. Why the lean start-up changes everything. **Harvard Business Review**, v. 91, n. 5, p. 63–72, 2013.
- CAMPOS, R.; OLIVEIRA, L. C. Q. d.; SILVESTRE, B. d. S.; FERREIRA, A. d. S. A ferramenta 5s e suas implicações na gestão da qualidade total. **Simpep–Simpósio de Engenharia de Produção**, v. 12, p. 685–692, 2005.
- CARVALHO, H. O ciclo pdca: um framework de gestão de qualidade. **Vida de Produto. Brasil, Agosto**, 2020.
- FERENTZ, D. et al. Análise mercadológica e uso do mínimo produto viável (mvp) para a introdução de um produto alimentício típico da polônia no mercado consumidor brasileiro. Florianópolis, SC, 2021.
- FUENTES, F. F. E. et al. Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial. Florianópolis, SC, 2006.
- GOMES, S. R. **Manutenção Industrial: Resumo de aulas de Manutenção de Sistemas Eletroeletrônicos Industriais ministradas no Curso Técnico em Eletroeletrônica**. [S.l.], 2020. Acesso em 30 de julho de 2023. Disponível em: <<https://manutencaodesistemasindustriais.blogspot.com/2015/08/gestao-aula-05-5w2h-ferramenta-para.html>>.
- JUNIOR, I. M.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; QUINTELLA, O. M. **Gestão da qualidade e processos**. [S.l.]: Editora FGV, 2021.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção-função estratégica**. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2009.
- LIMA. **DETECÇÃO DE BORDA USANDO FUNÇÃO EMBUTIDA NO MATLAB**. 2022. Acesso em: 28 de Outubro de 2023. Disponível em: <<https://acervolima.com/deteccao-de-borda-usando-funcao-embutida-no-matlab/>>.
- LISBÔA, M. d. G. P.; GODOY, L. P. Aplicação do método 5w2h no processo produtivo do produto: a joia. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 7, p. 32–47, 2012.

MARQUES, A. C. M. M. **A gestão da manutenção como ferramenta para melhoria do processo produtivo: um estudo de caso em uma indústria de materiais elétricos do Polo Industrial de Manaus.** Manaus: [s.n.], 2023.

MATHWORKS. **Implante um algoritmo de detecção de borda no hardware Raspberry Pi.** [S.I.], 2023. Acesso em: 29 de Setembro de 2023. Disponível em: <<https://la.mathworks.com/help/supportpkg/raspberrypiio/ref/deploy-an-edge-detection-algorithm-on-the-raspberry-pi-hardware.html>>.

MATHWORKS. **Programando no Raspberry Pi com MATLAB e Simulink.** [S.I.], 2023. Acesso em: 27 de Setembro de 2023. Disponível em: <<https://la.mathworks.com/discovery/raspberry-pi-programming-matlab-simulink.html>>.

MAURYA, A. **Running Lean.** Estados Unidos da América: O'Reilly, 2012. 257 p.

MEMPS, M. E. M. e. P. d. S. **NOSSA HISTÓRIA.** [S.I.], 2023. Acesso em 30 de julho de 2023. Disponível em: <<https://www.memps.com.br/sobre-nos>>.

MICROSOFT. **servidor local com raspberry pi.** [S.I.], 2023. Acesso em: 26 de Julho de 2023. Disponível em: <<https://www.bing.com/images/create/servidor-local-com-raspberry-pi/1-655420b4ce754b308a586a51d774b556?id=dY3SI7toTuNcjX%2b89SLnAw%3d%3d&view=detailv2&idpp=genimg&FORM=GCRIDP&mode=overlay>>.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.** Nova York: Productivity Press, 1988. 129 p.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica.** [S.I.]: Qualitymark, 2009.

RIBEIRO, J.; FOGLIATTO, F. **Confiabilidade e manutenção industrial.** **Belo Horizonte: Elsevier, 2009.**

RIES, E. **The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses.** [S.I.]: Crown Business, 2011.

RODRIGUES, M. et al. **Manutenção Industrial em Curitiba e Cidades Circunvizinhas: um diagnóstico atual.** Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2003.

SANTOS, F. M. C. **Manutenção Preditiva e Pró-Activa. Filosofias Alternativas ou Complementares. Estudo de Caso.** 2013. Licenciado em Engenharia Mecânica.

SCARTEZINI, L. M. B. **Análise e melhoria de processos.** **Apostila. Goiânia, 2009.**

SILVA, M. O.; SANTOS, M. A.; CARDOSO, L. F. **Manual de manutenção industrial: conceitos, normas e práticas.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

SOARES, F. d. S. **Introdução da manutenção preventiva sistemática nos sasuc.** 2015.

SOUZA, V. **Organização e gerência da manutenção-planejamento.** **Programação e Controle da Manutenção, 2011.**

TAVARES, L. A. Administração moderna da manutenção. **Rio de Janeiro: Novo Polo**, p. 24, 1999.

TELES, J. **Tipos e estratégias de manutenção de acordo com a NBR 5462**. 2023. <<https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/>>.

VIANA, H. Ricardo garcia. pcm planejamento e controle da manutenção. **Rio de Janeiro: Qualitymark**, 2012.

VIEIRA M. A. DA C.; VIMIEIRO, R. d. B. D. **SEL-0339 Introdução à Visão Computacional - Aula 7 Segmentação de Imagens, Parte 1 - Descontinuidade**. 2021. Notas de aula: laboratório de visão computacional. Departamento de Engenharia Elétrica - EESC-USP. São Paulo. 2021, Acesso em: 27 de Outubro de 2023. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5806036/mod\\_resource/content/12/Aula%207%20-%20Segmentacao%20de%20Imagens%20P1.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5806036/mod_resource/content/12/Aula%207%20-%20Segmentacao%20de%20Imagens%20P1.pdf)>

WOMACK, J. P. **A máquina que mudou o mundo**. [S.l.]: Gulf Professional Publishing, 2004.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade**. [S.l.]: Falconi Editora, 2014.

YIN, R. K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. [S.l.]: Bookman editora, 2015.

## APÊNDICE A – ROTINA MATLAB

Figura 28 – Código em MATLAB de ordens de serviços de Manutenção.

```
% Estrutura de dados para armazenar informações de ordens de serviço
ordensServico = struct('equipamento', {}, 'data', {}, 'tipo', {}, 'descricao',
{});

% Função para registrar uma nova ordem de serviço
function registrarOrdemServico(equipamento, data, tipo, descricao)
novaOrdemServico.equipamento = equipamento;
novaOrdemServico.data = data;
novaOrdemServico.tipo = tipo;
novaOrdemServico.descricao = descricao;
ordensServico(end+1) = novaOrdemServico;
disp('Nova ordem de serviço registrada com sucesso.');
```

```
end

% Função para buscar ordens de serviço por equipamento
function buscarPorEquipamento(equipamento)
ordensEncontradas = [];
for i = 1:numel(ordensServico)
if strcmp(ordensServico(i).equipamento, equipamento)
ordensEncontradas = [ordensEncontradas ordensServico(i)];
end
end

if isempty(ordensEncontradas)
disp('Nenhuma ordem de serviço encontrada para o equipamento
especificado.');
```

```
else
for i = 1:numel(ordensEncontradas)
disp(['Equipamento: ' ordensEncontradas(i).equipamento]);
disp(['Data: ' ordensEncontradas(i).data]);
disp(['Tipo: ' ordensEncontradas(i).tipo]);
disp(['Descrição: ' ordensEncontradas(i).descricao]);
disp('-----');
```

```
end
end

% Função para atualizar uma ordem de serviço existente
function atualizarOrdemServico(indice, equipamento, data, tipo, descricao)
if indice > 0 && indice <= numel(ordensServico)
ordensServico(indice).equipamento = equipamento;
ordensServico(indice).data = data;
ordensServico(indice).tipo = tipo;
ordensServico(indice).descricao = descricao;
disp('Ordem de serviço atualizada com sucesso.');
```

```
else
disp('Índice de ordem de serviço inválido.');
```

```
end
end

% Função para excluir uma ordem de serviço existente
function excluirOrdemServico(indice)
if indice > 0 && indice <= numel(ordensServico)
ordensServico(indice) = [];
disp('Ordem de serviço excluída com sucesso.');
```

```
else
disp('Índice de ordem de serviço inválido.');
```

```
end
end

% Exemplo de uso:
registrarOrdemServico('Equipamento A', '01/07/2023', 'Corretiva', 'Troca de
peça defeituosa');
registrarOrdemServico('Equipamento B', '05/07/2023', 'Preventiva', 'Manutenção
de rotina');

buscarPorEquipamento('Equipamento A');

atualizarOrdemServico(1, 'Equipamento A', '01/07/2023', 'Corretiva', 'Troca de
peça defeituosa (atualizado)');

excluirOrdemServico(2);
```

Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE B – ROTINA MATLAB

Figura 29 – Código em MATLAB de controle de estoque.

```
% Estrutura de dados para armazenar informações de peças
pecas = struct('codigo', {}, 'descricao', {}, 'quantidade', {});

% Função para adicionar uma nova peça ao estoque
function adicionarPeca(codigo, descricao, quantidade)
    novaPeca.codigo = codigo;
    novaPeca.descricao = descricao;
    novaPeca.quantidade = quantidade;
    pecas(end+1) = novaPeca;
    disp('Nova peça adicionada ao estoque.');
```

```
end

% Função para buscar uma peça pelo código
function buscarPeca(codigo)
    pecaEncontrada = [];
    for i = 1:numel(pecas)
        if strcmp(pecas(i).codigo, codigo)
            pecaEncontrada = pecas(i);
            break;
        end
    end

    if isempty(pecaEncontrada)
        disp('Peça não encontrada no estoque.');
```

```
    else
        disp(['Código: ' pecaEncontrada.codigo]);
        disp(['Descrição: ' pecaEncontrada.descricao]);
        disp(['Quantidade: ' num2str(pecaEncontrada.quantidade)]);
    end
end

% Função para atualizar a quantidade de uma peça no estoque
function atualizarQuantidadePeca(codigo, novaQuantidade)
    for i = 1:numel(pecas)
        if strcmp(pecas(i).codigo, codigo)
            pecas(i).quantidade = novaQuantidade;
            disp('Quantidade da peça atualizada.');
```

```
            return;
        end
    end

    disp('Peça não encontrada no estoque.');
```

```
end
```

```
% Função para remover uma peça do estoque
function removerPeca(codigo)
    for i = 1:numel(pecas)
        if strcmp(pecas(i).codigo, codigo)
            pecas(i) = [];
            disp('Peça removida do estoque.');
```

```
            return;
        end
    end

    disp('Peça não encontrada no estoque.');
```

```
end

% Exemplo de uso:
adicionarPeca('P001', 'Parafuso', 100);
adicionarPeca('P002', 'Arruela', 50);

buscarPeca('P001');

atualizarQuantidadePeca('P001', 80);

removerPeca('P002');
```

Fonte: Autoria própria.

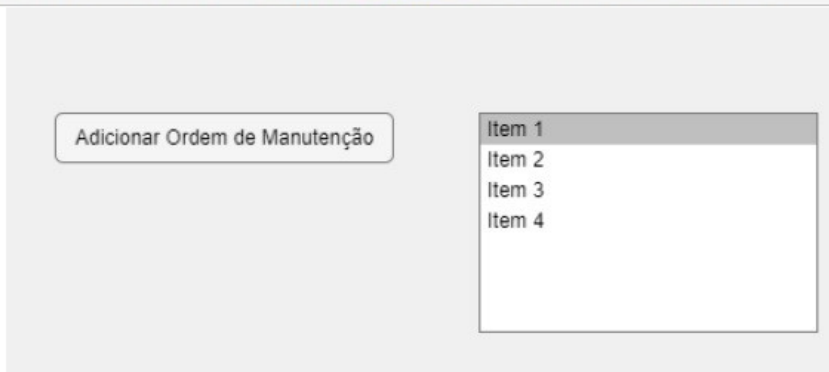
## APÊNDICE C – ROTINA MATLAB

Figura 30 – Modelo de algoritmo para ordens de manutenção.

```
%criar uma interface gráfica simples para o seu MVP usando a Toolbox
% de Interface Gráfica do MATLAB (GUI).
%um exemplo de código MATLAB para criar uma GUI básica que permite
% criar e listar ordens de manutenção:
% Crie uma nova figura
fig = uifigure('Name', 'Sistema de Gerenciamento de Manutenção');

% Crie um botão para adicionar uma nova ordem de manutenção
addButton = uibutton(fig, 'push', 'Text', ...
    'Adicionar Ordem de Manutenção', 'Position', [50, 150, 200, 30], ...
    'ButtonPushedFcn', @(btn,event) addOrder());

% Crie uma lista para listar as ordens de manutenção
orderList = uilistbox(fig, 'Position', [300, 50, 200, 130]);
```



```
% Função para adicionar uma nova ordem de manutenção
```

```
function addOrder()
    % Solicite ao usuário informações sobre a ordem de manutenção
    % (por exemplo, descrição, data, equipamento, etc.)
    orderInfo = inputdlg({'Descrição:', 'Data:', 'Equipamento:'}, ...
        'Nova Ordem de Manutenção', [1, 50; 1, 50; 1, 50]);

    % Valide e processe as informações inseridas pelo usuário aqui

    % Adicione a ordem de manutenção à lista
    if ~isempty(orderInfo)
        orderText = [orderInfo{1} ' - ' orderInfo{2} ' - ' orderInfo{3}];
        orderList.Items = [orderList.Items; orderText];
    end
end
```



## APÊNDICE D – ROTINA MATLAB

Figura 31 – Modelo de algoritmo para Estrutura de dados para armazenar informações de ordens de serviço.

```
% Estrutura de dados para armazenar informações
% de ordens de serviço
ordensServico = struct('equipamento', {}, 'data', {}, ...
    'tipo', {}, 'descricao', {});

% Função para registrar uma nova ordem de serviço

function registrarOrdemServico(equipamento, data, tipo, descricao)
    novaOrdemServico.equipamento = equipamento;
    novaOrdemServico.data = data;
    novaOrdemServico.tipo = tipo;
    novaOrdemServico.descricao = descricao;
    ordensServico(end+1) = novaOrdemServico;
    disp('Nova ordem de serviço registrada com sucesso.');
```

```
end

% Função para buscar ordens de serviço por equipamento
function buscarPorEquipamento(equipamento)
    ordensEncontradas = [];
    for i = 1:numel(ordensServico)
        if strcmp(ordensServico(i).equipamento, equipamento)
            ordensEncontradas = [ordensEncontradas ordensServico(i)];
        end
    end

    if isempty(ordensEncontradas)
        disp(['Nenhuma ordem de serviço encontrada para o ' ...
            'equipamento especificado.']);
    else
        for i = 1:numel(ordensEncontradas)
            disp(['Equipamento: ' ordensEncontradas(i).equipamento]);
            disp(['Data: ' ordensEncontradas(i).data]);
            disp(['Tipo: ' ordensEncontradas(i).tipo]);
            disp(['Descrição: ' ordensEncontradas(i).descricao]);
            disp('-----');
        end
    end
end

% Função para atualizar uma ordem de serviço existente
function atualizarOrdemServico(indice, equipamento, data, tipo, descricao)
    if indice > 0 && indice <= numel(ordensServico)
        ordensServico(indice).equipamento = equipamento;
        ordensServico(indice).data = data;
        ordensServico(indice).tipo = tipo;
        ordensServico(indice).descricao = descricao;
        disp('Ordem de serviço atualizada com sucesso.');
```

```
    else
        disp('Índice de ordem de serviço inválido.');
```

```
    end
end

% Função para excluir uma ordem de serviço existente
function excluirOrdemServico(indice)
    if indice > 0 && indice <= numel(ordensServico)
        ordensServico(indice) = [];
        disp('Ordem de serviço excluída com sucesso.');
```

```
    else
        disp('Índice de ordem de serviço inválido.');
```

```
    end
end

% Exemplo de uso:
%registrarOrdemServico('Equipamento A', '01/07/2023',
% 'Corretiva', 'Troca de peça defeituosa');
%registrarOrdemServico('Equipamento B', '05/07/2023',
% 'Preventiva', 'Manutenção de rotina');

%buscarPorEquipamento('Equipamento A');

%atualizarOrdemServico(1, 'Equipamento A', '01/07/2023',
% 'Corretiva', 'Troca de peça defeituosa (atualizado)');

%excluirOrdemServico(2);
```

Fonte: O Autor.

## APÊNDICE E – ROTINA MATLAB

Figura 32 – Modelo de algoritmo para controle de estoque.

```
% Função para adicionar uma nova peça ao estoque
function adicionarPeca(codigo, descricao, quantidade)
    novaPeca.codigo = codigo;
    novaPeca.descricao = descricao;
    novaPeca.quantidade = quantidade;
    pecas(end+1) = novaPeca;
    disp('Nova peça adicionada ao estoque.');
```

```
end

% Função para buscar uma peça pelo código
function buscarPeca(codigo)
    pecaEncontrada = [];
    for i = 1:numel(pecas)
        if strcmp(pecas(i).codigo, codigo)
            pecaEncontrada = pecas(i);
            break;
        end
    end

    if isempty(pecaEncontrada)
        disp('Peça não encontrada no estoque.');
```

```
    else
        disp(['Código: ' pecaEncontrada.codigo]);
        disp(['Descrição: ' pecaEncontrada.descricao]);
        disp(['Quantidade: ' num2str(pecaEncontrada.quantidade)]);
    end
end

% Função para atualizar a quantidade de uma peça no estoque
function atualizarQuantidadePeca(codigo, novaQuantidade)
    for i = 1:numel(pecas)
        if strcmp(pecas(i).codigo, codigo)
            pecas(i).quantidade = novaQuantidade;
            disp('Quantidade da peça atualizada.');
```

```
            return;
        end
    end

    disp('Peça não encontrada no estoque.');
```

```
end

% Função para remover uma peça do estoque
function removerPeca(codigo)
    for i = 1:numel(pecas)
        if strcmp(pecas(i).codigo, codigo)
            pecas(i) = [];
            disp('Peça removida do estoque.');
```

```
            return;
        end
    end
end
```