



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE BOM JESUS DA LAPA
ENGENHARIA MECÂNICA**

**DESENVOLVIMENTO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA OS
TORNOS E FRESADORA MECÂNICA DO LABORATÓRIO DE
USINAGEM DA UFOB CAMPUS BOM JESUS DA LAPA**

HIGOR DE ALCÂNTARA DURÃES

Bom Jesus da Lapa - BA, julho de 2026

HIGOR DE ALCÂNTARA DURÃES

**DESENVOLVIMENTO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA OS
TORNOS E FRESADORA MECÂNICA DO LABORATÓRIO DE
USINAGEM DA UFOB CAMPUS BOM JESUS DA LAPA**

Monografia apresentada junto ao programa de **Graduação em Engenharia Mecânica** da **Universidade Federal do Oeste da Bahia**, como requisito parcial à obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Mecânica**.

Orientador (a):

Prof. Me. Iuri Benedito da Silva Santos.

Bom Jesus da Lapa - BA, julho de 2026

FICHA CATALOGRÁFICA

D947

Durães, Higor de Alcântara

Desenvolvimento de Plano de Manutenção para os tornos e fresadora mecânica do Laboratório de Usinagem da UFOB, Campus Bom Jesus da Lapa. / Higor de Alcântara Durães. – 2026.

69f.: il.

Orientador: Prof. Me. Iuri Benedito da Silva Santos.

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro Multidisciplinar de Bom Jesus da Lapa - BA, 2026.

1. Engenharia Mecânica. 2. Manutenção Preventiva. 3. Usinagem. I. Santos, Iuri Benedito da Silva. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia – Centro Multidisciplinar de Bom Jesus da Lapa - BA. III. Título.

CDD 620.1

Biblioteca Universitária de Bom Jesus da Lapa – UFOB

HIGOR DE ALCÂNTARA DURÃES

**DESENVOLVIMENTO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA OS
TORNOS E FRESADORA MECÂNICA DO LABORATÓRIO DE
USINAGEM DA UFOB CAMPUS BOM JESUS DA LAPA**

Monografia apresentada ao programa de **Graduação em Engenharia Mecânica** da **Universidade Federal do Oeste da Bahia**, como requisito à obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Mecânica**.

Data de aprovação:

13 / 07 / 2026

Banca Examinadora:

Prof. Me. Iuri Bennedito da Silva

Universidade Federal do Oeste da Bahia

Prof. Me. Lucas Aninger de Barros Rocha

Universidade Federal do Oeste da Bahia

Prof. Dr. Filipi Marques de Souza

Universidade Federal do Oeste da Bahia

Dedico os meus pais, pelo amor incondicional e por todo o suporte durante esta jornada. Ao meu irmão, por todo o sacrifício, suor e apoio em todos os momentos. Aos meus amigos Samuel Souza, Ramom Dias, Ryan Santos e Fátima Rodrigues pela parceria, apoio e ajuda durante toda a graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde e sabedoria ao longo desta jornada. Aos meus pais, pelo apoio incondicional e incentivo constante. Ao meu irmão, por todo o sacrifício, perseverança e amizade. A todos os colegas e amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

"Aqueles que são loucos o suficiente para acreditar que podem mudar o mundo são os que o fazem."

- Steve Jobs

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma proposta de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) para os equipamentos do Laboratório de Usinagem da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), Campus Bom Jesus da Lapa. O estudo foi realizado nos tornos mecânicos Eurostec C6241x1000 e na fresadora mecânica universal KONE KFU-2/IMP, equipamentos fundamentais para as atividades de ensino prático do curso de Engenharia Mecânica. Inicialmente, foi realizado um diagnóstico da situação atual da manutenção por meio de observações em campo e aplicação de questionário ao técnico responsável pelo laboratório, permitindo identificar deficiências relacionadas ao controle de utilização dos equipamentos, ao registro das intervenções realizadas e à inexistência de indicadores de desempenho da manutenção. Com base nos resultados obtidos, foram desenvolvidas fichas de ordem de serviço, avisos de manutenção preventiva e requisições de materiais, visando padronizar os processos e criar um histórico de manutenção dos equipamentos. Complementarmente, foi desenvolvido um sistema informatizado em Microsoft Excel para armazenamento e gerenciamento das informações da manutenção, possibilitando a geração de indicadores como MTBF e MTTR, além da aplicação da metodologia FMEA para análise de falhas. Por fim, foi elaborado um plano de manutenção preventiva adaptado à realidade operacional do laboratório, contemplando atividades de inspeção, limpeza, lubrificação e verificação dos componentes críticos. Os resultados demonstraram que a metodologia proposta é capaz de estruturar a gestão da manutenção do laboratório, fornecendo ferramentas de baixo custo para o controle das intervenções, apoio à tomada de decisão e melhoria da confiabilidade dos equipamentos.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva, Usinagem, Planejamento e Controle da Manutenção, Indicadores, sistemas.

ABSTRACT

This work aimed to develop a Maintenance Planning and Control (MPC) proposal for the equipment of the Machining Laboratory of the Federal University of Western Bahia (UFOB), Bom Jesus da Lapa Campus. The study focused on Eurostec C6241x1000 mechanical lathes and a KONE KFU-2/IMP universal milling machine, which are essential for practical activities in Mechanical Engineering education. Initially, a diagnosis of the current maintenance situation was carried out through field observations and a questionnaire applied to the laboratory technician, allowing the identification of deficiencies related to equipment usage control, maintenance records, and the absence of maintenance performance indicators. Based on the collected data, maintenance work order forms, preventive maintenance notices, and material requisition forms were developed in order to standardize procedures and create a maintenance history database. In addition, a computerized system was developed in Microsoft Excel to store and manage maintenance information, enabling the calculation of indicators such as Mean Time Between Failures (MTBF) and Mean Time To Repair (MTTR), as well as supporting the application of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Finally, a preventive maintenance plan was developed according to the operational reality of the laboratory, including inspection, cleaning, lubrication, and verification of critical components. The results demonstrated that the proposed methodology can effectively support maintenance management by providing low-cost tools for intervention control, decision-making support, and improvement of equipment reliability.

Keywords: Preventive Maintenance, Machining, Maintenance Planning and Control, Indicators, Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Partes de um torno mecânico.	15
Figura 2.2 – Torno mecânico horizontal.	16
Figura 2.3 – Torno mecânico vertical.	17
Figura 2.4 – Torno CNC horizontal.	18
Figura 2.5 – Principais partes de uma Fresadora vertical.	19
Figura 2.6 – Principais tipos de Fresadoras.	19
Figura 2.7 – Evolução da manutenção.	21
Figura 2.8 – Relação entre falha funcional e potencial.	23
Figura 2.9 – Manutenção preditiva.	25
Figura 2.10–Diagrama da engenharia da manutenção.	26
Figura 2.11–Os 8 pilares que sustentam a TPM.	30
Figura 2.12–Hierarquia do planejamento e controle da manutenção.	33
Figura 2.13–Recursos humanos na manutenção.	33
Figura 2.14–Classificação do NPR.	35
Figura 2.15–Conceito da ferramenta 5W2H.	36
Figura 2.16–Custo de manutenção pelo faturamento (CMF) (%).	39
Figura 2.17–Comparação entre resultado do processo antigo e melhorado.	41
Figura 4.1 – Modelo de Ordem de Serviço.	52
Figura 4.2 – Modelo de aviso de manutenção preventiva.	54
Figura 4.3 – Modelo de requisição de materiais.	55
Figura 4.4 – Interface inicial do sistema.	56
Figura 4.5 – Interface para preenchimento do formulário.	57
Figura 4.6 – Interface para preenchimento e inscrição dos equipamentos.	58
Figura 4.7 – Interface do banco de dados.	59
Figura 4.8 – Interface de gráficos e indicadores de desempenho.	59
Figura 4.9 – Interface do sistema do FMEA.	60
Figura 4.10–Interface do banco de dados do FMEA.	61
Figura 4.11–Modelo de Plano de Manutenção.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Equipamentos analisados	43
Tabela 4.1 – Identificação, histórico e utilização dos ativos	46
Tabela 4.2 – Mapeamento de falhas e modos de falha	47
Tabela 4.3 – Situação atual da manutenção e lubrificação	48
Tabela 4.4 – Infraestrutura, recursos e logística de suprimentos	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
CNC	Comando Numérico Computadorizado
TMC	Tempo de Manutenção Corretiva
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
MPT	Manutenção Produtiva total
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
ABRAMAM	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
FMEA	Failuire Mode and Effect Analysis
NPR	Número de Prioridade de Risco
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
MTTF	Mean Time To Failures
DF	Disponibilidade Física
CMF	Custo de Manutenção por Faturamento
CMVR	Custo de Manutenção por Valor de Reposição
GQT	Gestão pela Qualidade Total
CMF	Custo de Manutenção por Faturamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Obejetivo geral	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	MÁQUINAS OPERATRIZES	14
2.1.1	Torno mecânico	14
2.1.2	Fresadora mecânica	18
2.2	CONCEITO DE MANUTENÇÃO	20
2.2.1	Manutenção Corretiva	22
2.2.2	Manutenção preventiva	23
2.2.3	Manutenção Preditiva	24
2.2.4	Manutenção detectiva	25
2.2.5	Engenharia da manutenção	26
2.3	FALHA NOS EQUIPAMENTOS	27
2.3.1	Conceito de falha	27
2.3.2	Modo de falha	28
2.3.3	Causa das falhas	28
2.4	FERRAMENTAS DA MANUTENÇÃO	29
2.4.1	Total Productive Maintenance (TPM)	29
2.4.2	Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)	31
2.4.3	Planejamento e controle da manutenção (PCM)	32
2.4.4	Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA)	34
2.4.5	5W2H	35
2.5	INDICADORES DE DESEMPENHO	36
2.5.1	Mean Time Between Failures (MTBF)	36
2.5.2	mean time to repair (MTTR)	37
2.5.3	Mean time to failure (MTTF)	37
2.5.4	Disponibilidade física da máquina (DF)	38
2.5.5	Custo de Manutenção	38
2.6	QUALIDADE NA MANUTENÇÃO	39
3	METODOLOGIA	42
3.1	MÉTODO DE PESQUISA	42
3.2	SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	42

3.3	ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL TÉCNICO	43
3.4	ESTUDO DOS DADOS	43
3.5	DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE PCM	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1	DIAGNOSTICO DO CENÁRIO ATUAL	45
4.1.1	Identificação, Histórico e Utilização dos Ativos	45
4.1.2	Mapeamento de Falhas e Modos de Falha	46
4.1.3	Situação Atual da Manutenção e Lubrificação	48
4.1.4	Infraestrutura, Recursos e Logística de Suprimentos	49
4.2	CRIAÇÃO DE FICHAS PARA BANCO DE DADOS	51
4.3	DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE BANCO DE DADOS	56
4.3.1	Interface de sistema	56
4.3.2	Interface de registro e banco de dados	57
4.3.3	Indicadores e gráficos	59
4.3.4	Interface FMEA	60
4.4	ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	61
5	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

O torno e a fresa mecânica são as máquinas-ferramentas mais antigas e importantes da história da manufatura, com origem que remonta ao antigo Egito, onde era operado manualmente para dar forma a peças de madeira. Ao longo dos séculos, especialmente durante a Revolução Industrial, inventores como Henry Maudslay e Joseph Whitworth modernizaram o equipamento com inovações no avanço automático e no sistema de fixação, além de introduzirem o acionamento por motor a vapor, o que aumentou significativamente a precisão e a eficiência do torno (Escola Estadual de Educação Profissional - Seduc CE, 2012).

SEDUC (2012) diz que no século XX, o desenvolvimento tecnológico possibilitou a automação dos tornos por meio do controle numérico computadorizado (CNC), elevando ainda mais a produtividade e a exatidão na usinagem de peças complexas. Atualmente, o torno mecânico é uma máquina essencial na indústria moderna, utilizada em diversos setores para a fabricação de componentes precisos, e sua evolução da simplicidade manual à automação avançada reflete sua importância fundamental no avanço dos processos produtivos.

Segundo Cassaniga e Fernando (2001), os tornos mecânicos e fresadoras, mesmo com os avanços tecnológicos como o comando numérico computadorizado (CNC), continuam essenciais na Indústria Brasileira, observada na fabricação de peças que requisitam precisão, versatilidade, eficiência, personalização, durabilidade e, assim, adaptando as demandas e necessidades do mercado. Viana (2002) diz que, para manter-se competitivo no mercado precisam continuar produzindo produtos competitivos, seja por custo de aquisição do equipamento ou de produção, por recurso humano e capacitação ou até mesmo um plano de manutenção dos instrumentos de produção que seja eficaz.

De acordo com Gregorio e Silveira (2018), a manutenção de equipamentos impacta diretamente na competitividade empresarial e nos custos operacionais, pois falhas podem causar interrupções na produção, perda de qualidade e riscos à saúde dos operadores, afetando a rentabilidade e uso didático ou científico em laboratórios.

Segundo Viana (2002), manutenção refere-se às intervenções nos equipamentos, enquanto Fogliato e Ribeiro (2009) ampliam o conceito para um conjunto de ações planejadas que preservam, ajustam, restauram e previnem falhas, garantindo disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos por meio de verificações regulares e ações preventivas, assegurando a continuidade e eficiência dos processos produtivos. Isso é especialmente importante em ambientes didáticos e científicos, onde a precisão, confiabilidade e segurança são essenciais, principalmente quando operados por alunos com pouca experiência.

O plano de manutenção abrange o Torno mecânico Eurostec c6241x1000 e a Fresadora mecânica universal KONE - KFU-2/IMP. Por causa dessa disponibilidade e

preservação, os alunos terão acesso a um laboratório equipado com equipamentos eficientes, uma vez que a aquisição de peças e serviços por parte da universidade pública se faz obrigatoriamente por meio de licitação, de acordo com a lei nº 14.133/2021.

Portanto, pelo fato do Laboratório de Usinagem da UFOB - Campus Bom Jesus da Lapa não possuir plano de manutenção para tais equipamentos o presente trabalho foi proposto, com o objetivo de contribuir para a melhoria da disponibilidade, segurança e eficiência dos equipamentos, promovendo um ambiente propício ao ensino, pesquisa e inovação.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho é direcionado por objetivos gerais e específicos, sendo eles:

1.1.1 Obejetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho visa o diagnóstico de funcionamento e a elaboração e implementação de plano de manutenção preventiva para os Tornos mecânicos Eurostec c6241x1000 e a Fresadora mecânica universal KONE - KFU-2/IMP do laboratório da UFOB - Campus Bom Jesus da Lapa, a fim de minimizar paradas inesperadas e prolongar a vida útil, aumentar a segurança operacional e manter a qualidade.

1.1.2 Objetivos específicos

- Abordar os principais conceitos de manutenção e suas influências;
- Elaborar um Planejamento e Controle da Manutenção (PCM);
- Identificar a periodicidade necessária para realização da manutenção;
- Contribuir para a melhoria da disponibilidade, segurança e eficiência dos equipamentos;

1.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que as falhas e quebras repentinas nos equipamentos analisados comprometem a realização das atividades acadêmicas e a segurança dos operadores, faz-se necessária a verificação da situação atual dos equipamentos e a elaboração de um plano de manutenção preventiva. Analisando tecnicamente, os equipamentos do Laboratório do campus de Bom Jesus da Lapa não apresentam plano de manutenção nem controle de qualquer tipo, sendo algumas manutenções realizadas pelo técnico responsável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta os princípios e conceitos fundamentais para a compreensão do presente trabalho. Com isso, está organizado em seis seções principais, sendo elas: Máquinas operatrizes; Conceito de manutenção; Falhas nos equipamentos; Ferramentas da manutenção; Indicadores de desempenho e Qualidade na manutenção.

2.1 MÁQUINAS OPERATRIZES

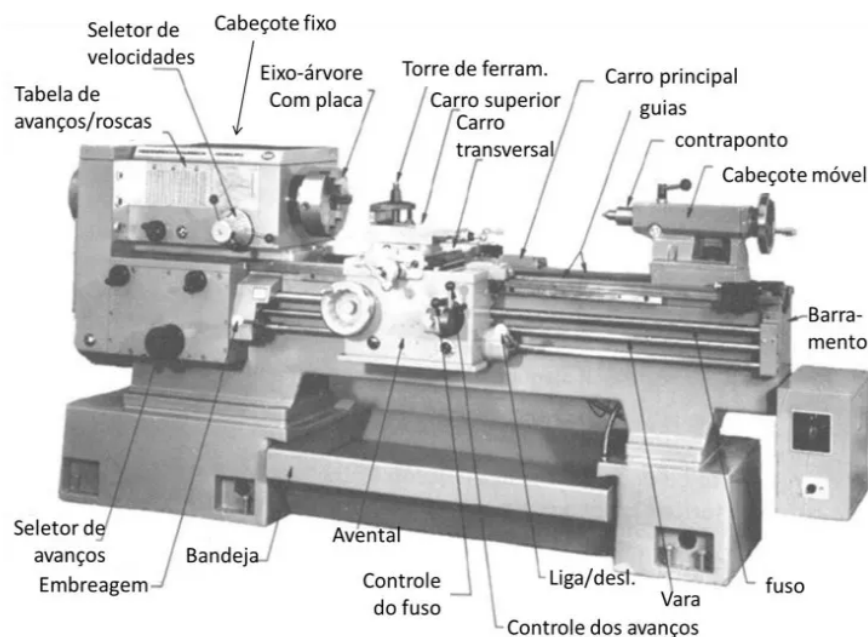
As máquinas operatrizes foram as primeiras inventadas, ainda operada de forma manual e necessitando da força humana. A partir das primeiras invenções de máquinas a vapor, durante a revolução industrial surgiram as primeiras máquinas operatrizes utilizadas nas fábricas, como fresas e tornos metálicos mais robustos, precisos e rápidos, destinadas a operações de remoção de material chamada de usinagem, transformando material bruto em peças acabadas ou semiacabadas de materiais metálicos ou poliméricos (SILVA; FILHO, 2022).

Fátima (2025) expressa que as operações de usinagem realizadas são separadas de acordo com a função da ação de remoção, como corte, furação, fresagem, torneamento, aplainamento e retificação. São projetadas para realizar operações com precisão, mas repetibilidade limitada, logo são ideias para produção personalizada e padronizada mas com baixa capacidade de produção em larga escala e controle de qualidade.

2.1.1 Torno mecânico

O torno mecânico, como diz Varela (2019), é uma máquina-ferramenta que permite usinar peças com geometria de revolução (principalmente cilíndricas ou cônicas) por meio da rotação da peça fixada em um cabeçote, enquanto uma ou várias ferramentas de corte avançam contra a peça removendo material (cavaco) até atingir as dimensões desejadas. É uma máquina extremamente versátil, usada para confeccionar eixos, polias, roscas, cones, entre outros componentes mecânicos. Seu funcionamento baseia-se no movimento de rotação da peça e movimentos lineares da ferramenta. As partes do torno e suas funções estão dispostas na figura 2.1 abaixo.

Figura 2.1 – Partes de um torno mecânico.



Fonte: RMLMáquinas (2019).

Ao ser removido material, as sobras são descartadas ou recicladas a depender do material, geralmente inutilizadas para a criação de novas peças. Chamado de cavaco, esse material extraído é acumulado na bandeja, sendo próprio para armazenar e facilitar a remoção, mantendo o equipamento operável por um período maior (RMLMáquinas, 2019).

O processo de torneamento só é possível caso a força de corte aplicada pela ferramenta fixa ao porta ferramentas seja igual ou superior ao da peça. Os três movimentos fundamentais realizados em um torneamento são o movimento de corte, movimento de avanço longitudinal da ferramenta e movimento de penetração radial, sendo a interação entre peça e ferramenta (COSTA; SACHETTO, 2023).

Costa e Sachetto (2023) complementam que, o movimento de penetração é responsável por direcionar a ferramenta até a superfície da peça em rotação. Dessa forma, ele regula tanto a profundidade do passe quanto a espessura do cavaco removido. Ajustando os movimentos, a posição e o formato da ferramenta, é possível executar uma grande variedade de operações.

Silva e Filho (2022) enfatiza que essa variedade de operações em tornos aumentou a partir da invenção do torno com controle numérico computadorizado (CNC) na década de 1970, com todos os movimentos realizados de forma automática a partir de programação automatizada, permitindo maior repetibilidade e usinagem de peças complexas. Outros avanços foram o monitoramento de velocidade de corte e desgaste das ferramentas por meio de sensoriamento.

Com isso, existem três tipos de tornos atualmente, sendo o torno mecânico horizontal, o torno mecânico vertical e o torno CNC.

O torno mecânico horizontal (Figura 2.2), também chamado de torno convencional, é o mais comuns e amplamente utilizados, más pelas limitações de troca de ferramentas, de repetibilidade e produção em massa se torna amplamente utilizado para serviços personalizados

Figura 2.2 – Torno mecânico horizontal.



Fonte: EUROSTEC (2025).

O que diferencia o torno mecânico horizontal do torno mecânico vertical (Figura 2.3) é a mudança de eixo do eixo-árvore, onde rotaciona em relação ao eixo vertical, utilizado principalmente em peças volumosas e de pequenos comprimentos, possuindo limitação de peso para a execução do processo de usinagem.

Figura 2.3 – Torno mecânico vertical.



Fonte: Escola Estadual de Educação Profissional - Seduc CE (2012).

O Torno CNC (Figura 2.4) interpreta um conjunto de instruções pré-programadas por meio de códigos em linguagem própria, permitindo o acompanhamento da execução do processo e seus resultados por meio de sensoramento. Suas desvantagens são principalmente o custo de aquisição elevado e a necessidade de pessoal capacitado para operá-lo, uma vez que, para cada operação em peça diferente será necessário seu código próprio, podendo ser salvos e armazenados em bibliotecas e acionados quando necessário (SILVA; FILHO, 2022).

Figura 2.4 – Torno CNC horizontal.



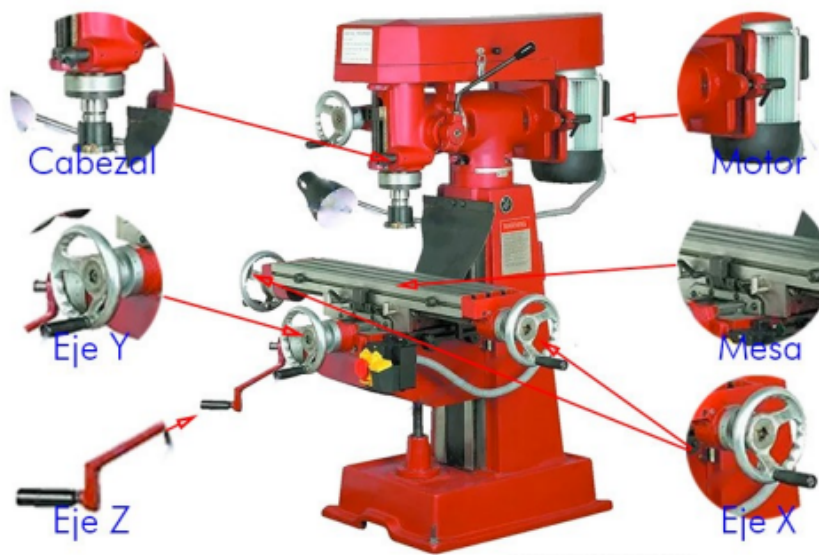
Fonte: EUROSTEC (2025).

2.1.2 Fresadora mecânica

Assim como o torno, a Fresadora é uma máquina que desbasta, mandrilha, roteia, corta ou perfura materiais sólidos, metálicos ou poliméricos, através da remoção de cavaco. Diferente do torno mecânico, na Fresadora quem rotaciona é a ferramenta de corte que fica em uma posição fixa, e quem se movimenta é a base de fixação da peça, podendo se movimentar em 3 eixos distintos (SILVA; FILHO, 2022).

A anatomia de uma Fresadora, suas partes e acessórios (Figura 2.5) podem variar de acordo com o modelo da máquina, sendo nomeada as mais importantes e essenciais a maior parte dos modelos, sendo eles a mesa onde localiza a fixação da peça, as manivelas que são responsáveis pelos movimentos da base nos eixos cartesianos, a cabeça onde recebe, fixa e transmite rotação a ferramenta de corte e o sistema motor-propulsor que contém o motor e a caixa de velocidade que transmitem rotação e controlam a velocidade da ferramenta de corte e de avanço da base (Mecânica industrial, 2025).

Figura 2.5 – Principais partes de uma Fresadora vertical.



Fonte: EUROSTEC (2025).

A Fresadora possui como característica base o faceamento plano e, em alguns casos, faceamento irregulares e complexos como nos realizados por fresas CNC. Para a escolha da fresadora mais adequada para uma aplicação específica, é essencial entender as distinções entre os tipos de fresadoras disponíveis, sendo as principais categorias as fresadoras verticais, horizontais e universal, existindo a configuração em CNC em todas elas.

A fresadora vertical é a mais comum, pois, de acordo com o blog Mecânica Industrial (2025), a posição do fuso na vertical e da base na horizontal e em alguns modelos a cabeça pode permitir inclinação. Já a fresadora horizontal o eixo árvore do fuso e a mesa são na horizontal, sendo o primeiro modelo de fresadora a surgir e nessas configurações suporta esforços maiores. A fresadora universal possui movimentação da cabeça em ambos os eixos, permitindo a criação de peças mais complexas e sendo ideal para a confecção de fresadora CNC por possuir maiores possibilidades de mobilidade, como mostrado na figura 2.6.

Figura 2.6 – Principais tipos de Fresadoras.



Fonte: EUROSTEC (2025).

2.2 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

De acordo com Xenos (1998), em meados do século passado a manutenção foi definida como as medidas necessárias, tomadas pela instituição, para a conservação ou a permanência de funcionamento regular dos equipamentos. Assim, tais atividades existem para evitar ou prevenir o desgaste de peças ou equipamentos, seja por desgaste natural, por tempo de uso ou por manutenções inadequadas.

Inicialmente, como diz Gregorio e Silveira (2018), o conceito de manutenção em seu primórdio era utilizado para conserto direto a equipamentos, onde a falha já havia ocorrido e a máquina não possuía disponibilidade de trabalho, sendo indesejável e que causa prejuízo às instituições. Nesse período, muitos equipamentos eram construídos quase que artesanalmente, ou seja, não existia peças de reposição de fácil acesso, o que elevava drasticamente o tempo e o custo de manutenção.

Kardec e Narsif (2009) detalha todo esse período de evolução em gerações, separadas por períodos pré-definidos, avanços tecnológicos e intelectuais e as melhorias que cada geração trouxe, como mostrado na figura 2.7:

Figura 2.7 – Evolução da manutenção.

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO								
	Primeira Geração		Segunda Geração		Terceira Geração		Quarta Geração	
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	• Conserto após a falha		• Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados do negócio • Gerenciar os ativos	
Visão quanto à falha do equipamento	• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham		• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira		• Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5		• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5	
Mudança nas técnicas de Manutenção	• Habilidades voltadas para o reparo		• Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção Preventiva (por tempo)		• Monitoramento da condição • Manutenção Preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho multidisciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade • Contratação por mão de obra e serviços		• Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição • Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada • Análise de Falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Engenharia de Manutenção • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida. • Contratação por resultados	

Fonte: Adaptado de KARDEC; NASCIF (2009).

Xenos (1998) explica que, em um sentido restrito, as atividades de manutenção se restringem ao restabelecimento das condições originais de um equipamento. De forma mais abrangente, Viana (2002) relata que as atividades de manutenção, alinhadas com o objetivo das instituições, devem ser feitas de forma estratégica a atingir a eficácia, não se limitando à reparação rápida ou manutenção das funcionalidades do equipamento, mas também incluir a modificação das condições iniciais implementando melhorias para prevenir a ocorrência ou a incidência de falhas, diminuir custos e melhorar a produtividade.

A Manutenção é classificada de acordo com o objetivo a ser alcançado e os métodos utilizados por cada um. Devido a isso, será abordado a classificação dos tipos de manutenção baseado na ABNT NBR 5462 (1994), discorrendo sobre a manutenção corretiva, preventiva e preditiva. Kardec e Narsif (2009) acrescentam também os conceitos de manutenção detectiva e engenharia da manutenção, sendo mais atuais e incorporado nas empresas de grande porte e em áreas de atuação delicadas e de alto risco.

2.2.1 Manutenção Corretiva

Cabral (2006) diz que a manutenção corretiva é a forma mais primitiva de manutenção, que consiste em reparar ou restaurar um equipamento após a detecção de ocorrência de falha ou defeito, destinada a devolver a condição original ou de operação. Após décadas de aprimoramento, a manutenção corretiva foi dividida em duas, sendo elas a planejada e a emergencial.

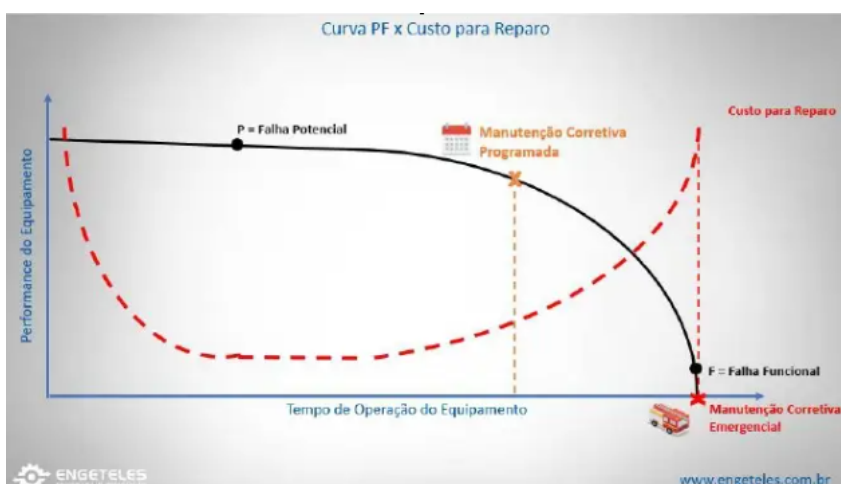
A manutenção corretiva emergencial é aquela que corrige a falha após sua ocorrência, geralmente uma falha de forma brusca e aleatória, sem acompanhamento ou planejamento. Tal manutenção, segundo Kardec e Narsif (2009), acarreta custos elevados para a organização, uma vez que falhas catastróficas podem levar a danificar diversas outras peças e equipamentos em cadeia devido a falha de uma única, necessitando de maior tempo para reparo pelo fato da instituição, caso não possua mão de obra ou peças em estoque, ter que ir ao mercado.

Esse tipo de manutenção ainda é amplamente utilizado em empresas familiares, informais, de pequeno e, em raras ocasiões, de médio porte. As que utilizam esse tipo de manutenção ficam reféns e são controladas pelos equipamentos, causando queda de desempenho empresarial, perdendo competitividade, qualidade de produto e prejuízo por inatividade. Quanto maior o tempo de manutenção corretiva (TMC), maior será o custo à instituição, uma vez que o custo da manutenção é somado ao prejuízo pela inatividade operacional (FOGLIATO; RIBEIRO, 2009).

Já a manutenção planejada, diferente da citada anteriormente e de acordo com Viana (2002) e Khayal (2024) é uma decisão gerencial e possui manutenções programadas, eliminando a potencial falha antes que ocorra a falha catastrófica, ou seja, identifica as possíveis causas, planeja o período de menor impacto e adquire o necessário para que diminua o TMC e os custos de operação e manutenção, mantendo a qualidade dos produtos, serviços e a competitividade.

O funcionamento da manutenção corretiva planejada e da emergencial ao longo do tempo de operação de um ativo é evidenciado na figura 2.8. A performance diminui de forma exponencial após a falha potencial em relação ao tempo de operação.

Figura 2.8 – Relação entre falha funcional e potencial.



Fonte: TELES (2019).

2.2.2 Manutenção preventiva

De acordo com a norma ABNT NBR 5462 (1994), a manutenção preventiva é aquela realizada em intervalos predefinidos, seja em componentes específicos ou no equipamento como um todo. Essa manutenção segue critérios estabelecidos em manuais técnicos ou pela equipe de manutenção da empresa, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falhas, degradação precoce ou perda de desempenho decorrente de funcionamento irregular.

Segundo Filho (2008), trata-se de todo serviço executado em equipamentos que ainda se encontram operacionais, ou no máximo em estado de defeito, antes que a falha de fato ocorra. Em alguns casos, pode se assemelhar à manutenção corretiva planejada, pois é realizada de forma antecipada e controlada.

Viana (2002) destaca que a principal diferença entre manutenção corretiva e preventiva está no planejamento. Enquanto a corretiva é reativa, a preventiva se baseia em ações planejadas em intervalos definidos, visando evitar falhas inesperadas que podem comprometer a segurança dos operadores e o bom funcionamento da planta. A manutenção preventiva contribui para manter o desempenho mínimo desejado dos equipamentos, prolongando sua vida útil e aumentando a competitividade da organização.

Esse tipo de abordagem permite um melhor gerenciamento do almoxarifado, com foco em peças de reposição de uso recorrente ou de difícil obtenção, reduzindo o tempo de máquina parada e aumentando a eficiência da operação. É amplamente aplicada em médias e grandes empresas, onde a competitividade exige níveis elevados de disponibilidade e confiabilidade dos ativos. Nessas organizações, o Planejamento da Produção assume papel fundamental ao programar janelas de manutenção dentro da capacidade ociosa da produção, minimizando impactos operacionais (VIANA, 2002)

Entretanto, Kardec e Nascif (2009) alertam que, embora o planejamento possibilite previsibilidade no consumo de materiais e na execução das atividades de manutenção,

ele também implica a interrupção programada da operação. Essa necessidade pode ser controversa em sistemas nos quais a paralisação não é facilmente justificável. Além disso, existem riscos como a introdução de falhas que não existiam previamente, causadas por erro humano, falhas em peças de reposição, procedimentos inadequados ou danos durante paradas e partidas do equipamento.

2.2.3 Manutenção Preditiva

De acordo com Teles (2019), a manutenção preditiva, também chamada de manutenção controlada, consiste na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando métodos de supervisão e amostragem de dados com o objetivo de monitorar o estado do equipamento e, assim, reduzir a necessidade de manutenções corretivas e preventivas desnecessárias. Trata-se de uma estratégia baseada em dados reais de operação, que permite maior controle sobre a confiabilidade do sistema.

Cabral (2006) define a manutenção preditiva como "condicionada", ou seja, executada conforme a avaliação contínua de parâmetros significativos que indicam o desgaste ou degradação dos componentes. A intervenção ocorre apenas quando há sinais claros de falha iminente ou quando um determinado limite de deterioração é atingido. Essa abordagem permite maior precisão na tomada de decisão, evitando paradas sem justificativa técnica, consequentemente manutenções prematuras e falhas catastróficas. Caso o custo para manutenção atinja valores consideráveis pode-se sugerir a substituição do equipamento.

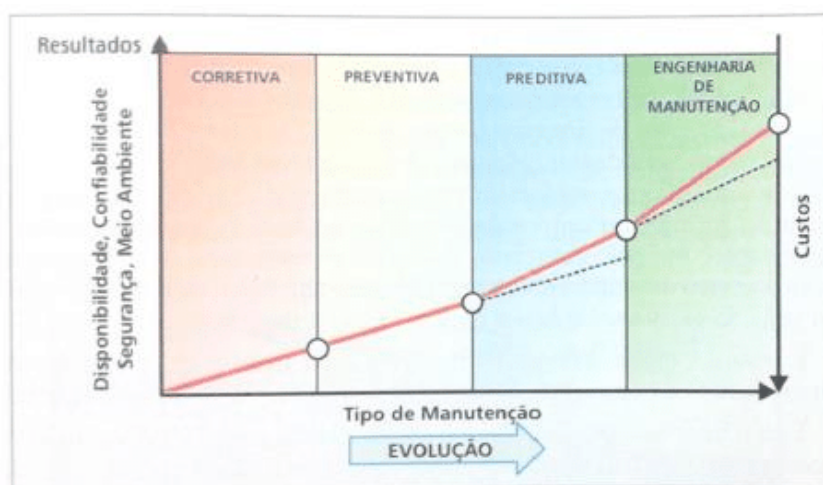
Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção preditiva é baseada no acompanhamento sistemático de parâmetros de condição e desempenho dos equipamentos. Os autores reforçam que ela se apoia no conceito de manutenção baseada no estado do equipamento, sendo realizada apenas quando há alteração significativa desses parâmetros. A correção, quando necessária, é feita por meio de uma manutenção corretiva planejada, o que permite manter o equipamento em operação de forma segura por mais tempo, evitando intervenções desnecessárias.

Batista et. al. (2014) destacam os principais parâmetros que podem ser monitorados para melhorar o desempenho operacional: ruído, temperatura, pressão, vibração, umidade e outros fatores críticos. A análise periódica desses sinais permite prever o momento ideal para substituição de peças, reduzindo drasticamente o risco de falhas inesperadas e os custos decorrentes de paradas não planejadas.

Segundo Kardec e Nascif (2009), embora a implantação de sistemas de monitoramento online ou offline represente um investimento inicial significativo, o retorno sobre o investimento tende a ser expressivo no longo prazo. Após a instalação e treinamento adequado, a operação desses sistemas pode ser realizada inclusive pelo próprio operador do equipamento, reduzindo custos com equipes especializadas.

Kardec e Nascif (2009) mostra os níveis de desempenho por meio da figura 2.9 abaixo, indicando a adoção da política de manutenção preditiva.

Figura 2.9 – Manutenção preditiva.



Fonte: KARDEC; NASCIF (2009).

2.2.4 Manutenção detectiva

A manutenção detectiva passou a ganhar destaque em pesquisas e na sua aplicação prática a partir dos anos 2000, impulsionada pelo avanço tecnológico significativo da época (KARDEC; NASCIF, 2009). Esse tipo de manutenção ampliou as possibilidades já existentes, ao permitir a identificação de falhas ocultas, aquelas que não são perceptíveis por sensores tradicionais, softwares ou mesmo pela inspeção visual dos operadores. (VARELA, 2019).

Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção detectiva consiste na verificação de sistemas com capacidade de identificar falhas ocultas sem a necessidade de retirada do equipamento de operação. Trata-se de um método aplicável principalmente a máquinas ou equipamentos eletroeletrônicos que possuam um sistema operacional capaz de ser calibrado ou ajustado por meio de programação. Requer mão de obra altamente especializada, composta por engenheiros e técnicos capacitados, o que eleva os custos operacionais. Além disso, exige investimentos consideráveis na aquisição de sistemas de monitoramento e equipamentos de diagnóstico.

Embora relacionada à manutenção preditiva, a manutenção detectiva possui características próprias. Xenos (1998) destaca que a manutenção preditiva tem como objetivo otimizar a substituição de peças ou a reforma de equipamentos, sendo um dos elementos que compõem a manutenção preventiva e fundamental para o planejamento e gestão eficiente da manutenção.

A manutenção detectiva é amplamente utilizada em máquinas rotativas de comando numérico computadorizado (CNC). Nesse contexto, a coleta de dados por meio de sensores e o monitoramento contínuo permitem identificar vibrações anormais (principal parâmetro de falhas) que podem estar relacionadas a erros de configuração, desbalanceamento, desgaste natural ou falhas em estágio inicial, ainda não catastróficas. (FREITAS, 2016)

2.2.5 Engenharia da manutenção

Pereira (2009) descreve a engenharia da manutenção como uma quebra de paradigma, mudança de referência, como a junção de décadas de estudos e a aplicação do melhor método para cada caso em específico, alguns deles servindo até como lema para grandes corporações, como a melhoria contínua.

Já Kardec e Nascif (2009) discorre sobre a aplicação da engenharia da manutenção, que desempenha análise e proposta de melhorias a partir de dados obtidos através de programas e sensores da manutenção preditiva, buscando a melhoria dos equipamentos ou do processo como um todo. Para tal, utiliza-se de parâmetros como a confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança, eliminando problemas crônicos, tecnológicos e a capacitação da equipe que é responsável por elaborar os planos de manutenção, acompanhar os indicadores e administrar a documentação técnica.

Se dedica ao planejamento, execução e melhoria dos processos, instalações e sistema. Está presente em todos os tipos de manutenção, se tornando essencial para o bom funcionamento das organizações que desenvolvem atividades dependentes de manutenções, como mostrado na figura 2.10.

Figura 2.10 – Diagrama da engenharia da manutenção.



Fonte: Adaptado de KARDEC; NASCIF (2009)

2.3 FALHA NOS EQUIPAMENTOS

De acordo com a ABNT NBR 5462 (1994), defeito é qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos; falha ocorre quando há término da capacidade de desempenhar a função requerida; e pane é o estado definido pela incapacidade de desempenho, mesmo que uma falha ainda não tenha ocorrido. Ademais, Kardec e Nascif (2009) destacam que a falha pode levar à pane e envolve impactos como interrupções, baixa qualidade e perda de funções críticas, além de múltiplas causas potenciais

De acordo com Fogliato e Ribeiro (2009), o defeito é definido como qualquer desvio de uma característica do item em relação aos seus requisitos, estes podendo ou não ser expressos na forma de especificações. Esse desvio pode ou não afetar o desempenho da função do item.

Para a pane, a ABNT NBR 5462 (1994) define como o estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar de forma subita uma função requerida, excluindo a incapacidade permanente por meio de verificação, manutenção preventiva, ou por meio de recursos externos. A pane ocorre apenas quando um equipamento está em operação e deixa de operar corretamente, total ou parcialmente, devido a um defeito, avaria ou mau funcionamento.

Já para a falha, serão apresentados seus conceitos, tipos e causas.

2.3.1 Conceito de falha

De acordo com Nascimento (2017), a manutenção está fundamentada em dois pilares: custos advindos de sua utilização, como a mão de obra, os equipamentos, materiais, dentre outros; e os custos (ou perdas) da falta dela. Para Kardec e Nascif (2009), os custos são classificados em três tipos: diretos, indiretos e por perda de produção.

Os custos diretos são as inspeções e os reparos, essenciais para preservar a integridade das máquinas fabris. Compreende os custos com a mão de obra, com peças para reposição, materiais de consumo (lubrificantes, lixas, etc) e serviços de terceiros. Já os indiretos representam os custos com iluminação, energia elétrica, instrumentos e ferramentas para manutenção, com a gerência e estudos de melhoria. Por fim, os custos por perda de produção, como o próprio nome diz, são os ocasionados por falha no equipamento em decorrência de má manutenção ou quando uma máquina importante venha a quebrar (KARDEC; NASCIF, 2009).

O foco da manutenção é manter a produtividade da máquina com o menor custo possível, assegurando que ela fique o maior tempo plausível sem falhar. Conforme dito por Kardec e Nascif (2009), "mais manutenção não significa melhor manutenção", ou seja, eliminar ou reduzir muito a falha com mais procedimentos não é sinônimo de eficiência, se tornando uma despesa maior para a empresa. Portanto, um bom plano de manutenção é

aquele que considera um equilíbrio ideal disponibilidade do equipamento (NASCIMENTO, 2017).

2.3.2 Modo de falha

Os modos de falha, baseado na ABNT NBR 5462 (1994) são:

- **Falha crítica:** É a que resultará em condições perigosas e inseguras para os operadores, danos materiais significativos ou consequências a toda uma cadeia posterior ligada ao que ocorreu a falha.
- **Falha por uso incorreto:** Devido a aplicação além dos limites específicos ou a erros de instalação, manuseio incorreto ou falta de cuidado.
- **Falha por fragilidade:** Devido a fragilidade do próprio item, mesmo dentro das especificações.
- **Falha aleatória:** Falha cuja causa não seja perceptível visivelmente e a ocorrência se torne imprevisível.
- **Falha por deterioração:** Deterioração do equipamento decorrente do tempo de uso, condições operacionais e a falta de manutenção adequada.

2.3.3 Causa das falhas

De acordo com a ABNT NBR 5462 (1994), a causa pode divergir em cada caso, sendo os principais o desgaste natural, operação irregular, má instalação, falta de manutenções ou feitas de forma incorreta e entre outras. Viana (2002) diz que as causas são parecidas com os modos, uma vez que a causa da falha influencia em como ela irá acontecer, sendo elas:

- **Desgaste natural:** Desgaste programado, causado pelo tempo e forma de uso.
- **Erro de especificação ou de projeto:** Quando todo o equipamento, ou alguma parte não correspondem ao uso requerido.
- **Defeito de Fabricação:** Durante a produção ou montagem inseriu-se algum elemento falho ou má construído à máquina, ou montado de forma incorreta.
- **Instalação imprópria:** É responsabilidade de quem instala e pode causar danos ao funcionamento do bem, como desalinhamentos, vibrações, corrosão e trincas.
- **Manutenção imprópria:** São ajustes mal feitos, negligencia na troca de algum elemento, montagem incorreta ou até mesmo a falta de lubrificação adequada.

- **Operação imprópria:** Incapacidade técnica ou negligência para operar o equipamento, colocando a segurança e o bem em risco, por meio de sobrecargas, choques ou acidentes.

2.4 FERRAMENTAS DA MANUTENÇÃO

2.4.1 Total Productive Maintenance (TPM)

A Manutenção Produtiva Total (MPT), do inglês *Total Productive Maintenance*, segundo Fogliato e Ribeiro (2009), é uma metodologia de gestão que surgiu no Japão nos anos 70, e já consolidada chegou ao Brasil nos anos 90 em um movimento de expansão e profissionalização do mercado brasileiro que buscava novas tecnologias.

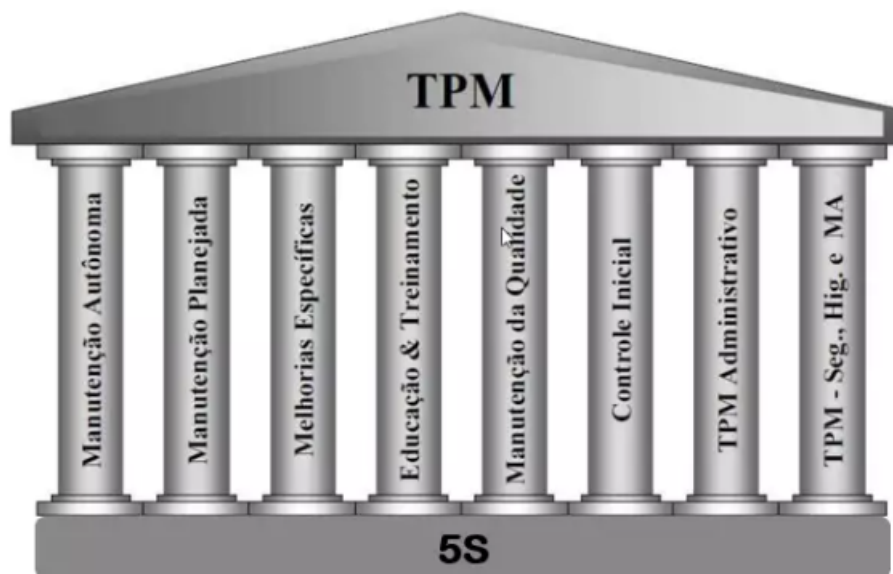
De acordo com Kardec e Nascif (2009), a Manutenção Produtiva Total (TPM) tem como objetivo a máxima eficiência em processos e equipamentos, através da qualificação e contribuição do chão da fábrica até os altos gestores tornando-os aptos a conduzir automações e tecnologias do futuro, como modificações e melhorias nos equipamentos, visando obter melhor resultado final.

Freitas (2016) traz como uma filosofia gerencial estratégica que organiza a iniciativa da manutenção e um programa de melhorias em toda a hierarquia. Foca na redução de custos em equipamentos com o aumento do ciclo de vida, combinando até tipos de manutenção distintos, mesclando os pontos mais eficientes de cada uma para o bem, como manutenção preventiva e preditiva.

A TPM tem como lema a quebra zero, em que a máquina nunca pode parar. Traz aos operadores a função de inspecionar, limpar, lubrificar e se necessário realizar reparos simples e recorrentes, liberando a equipe de manutenção para ações complexas e mais tempo para planejamento e captação de dados. (FOGLIATO; RIBEIRO, 2009)

Essa ferramenta é baseada em oito pilares que estabelecem e sustentam um sistema que visa a eficiência produtiva, chamado de casa da TPM como mostrado na figura 2.11.

Figura 2.11 – Os 8 pilares que sustentam a TPM.



Fonte: LABONE (2025)

Cada um dos pilares é essencial para o sucesso da implementação do TPM, pois a falta de qualquer um pode prejudicar os resultados e impactar negativamente o desempenho geral do sistema (TELES et al., 2023). Conforme demonstrado na figura 2.11, os pilares que compõem o TPM são:

- **Manutenção Autônoma:** Consiste em capacitar os operadores, organizando-os em grupos autônomos e atribuindo responsabilidades para que se familiarizem com os equipamentos que utilizam. Dessa forma, podem identificar alterações no funcionamento e executar intervenções simples, como limpeza, lubrificação e ajustes, aliviando a carga da equipe de manutenção (ALVARINHO, 2024; TELES et al., 2023);
- **Manutenção Planejada:** Envolve o planejamento e o controle das atividades de manutenção, com foco na prevenção de falhas e no aumento da eficiência da equipe (KARDEC; NASCIF, 2009);
- **Melhorias Específicas:** Também chamada de melhoria focada, busca reduzir perdas significativas e aprimorar o desempenho organizacional por meio do trabalho colaborativo de equipes multidisciplinares (TELES et al., 2023);
- **Educação e Treinamento:** Este pilar visa potencializar as competências dos colaboradores por meio de capacitações contínuas, promovendo o desenvolvimento de novas habilidades e contribuindo para a evolução da organização (ALVARINHO, 2024);

- **Manutenção da Qualidade:** Tem como objetivo garantir produtos livres de defeitos, estabelecendo padrões e condições que assegurem a qualidade final ao cliente (ALVARINHO, 2024);
- **Controle Inicial:** Refere-se à gestão preventiva na seleção e aquisição de novos equipamentos, buscando sempre as melhores opções para o processo produtivo (TELES et al., 2023);
- **TPM Administrativo:** Foca na otimização, aumento da eficiência e eliminação de perdas nos processos administrativos, contribuindo para a melhoria global da empresa (TELES et al., 2023);
- **TPM - Segurança, Higiene e Meio Ambiente:** Este pilar busca prevenir falhas humanas, eliminar acidentes e promover um ambiente de trabalho seguro. Além disso, visa proteger a saúde física e mental dos colaboradores e adotar práticas sustentáveis para evitar impactos ambientais (ALVARINHO, 2024);

2.4.2 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

Primeiramente, antes de definir Manutenção Centrada em Confiabilidade é preciso entender o que é confiabilidade.

A confiabilidade, segundo a ABNT NBR 5462 (1994) é capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo. É utilizado como parâmetro de medida de desempenho da manutenção e da manutenibilidade de um item.

A MCC é uma ferramenta que busca responder 7 questões básicas para se enquadrar o item ao processo adequado de manutenção. Para Kardec e Nascif (2009), a MCC é uma metodologia que estuda um equipamento ou sistema, analisando como ele pode vir a falhar de acordo com as funções e padrões de desempenho visando a seleção da manutenção ideal, prevenindo ou minimizando as recorrências de falha. As 7 questões que envolvem a MCC são:

- Quais são as funções e os padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?
- De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- O que causa cada falha operacional?
- O que acontece quando ocorre cada falha?
- De que forma cada falha tem importância?
- O que pode ser feito para prevenir cada falha?

- O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

Os principais benefícios da adoção dessa ferramenta da manutenção é o aumento do custo benefício, aprimoramento do desempenho operacional do bem por meio do aumento da vida útil e a melhoria das condições ambientais, de segurança e do banco de dados de manutenção, o que acaba por motivar a equipe responsável (TELES, 2019).

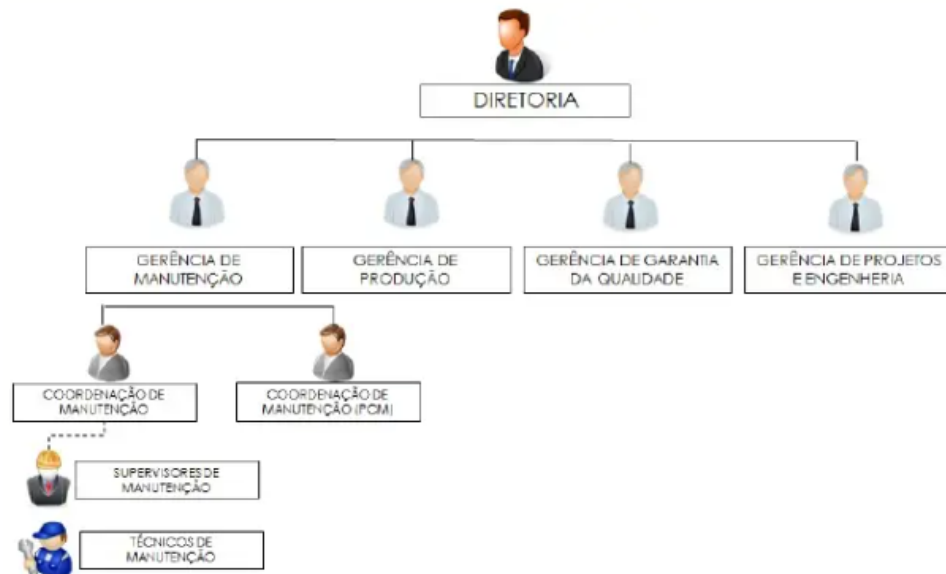
2.4.3 Planejamento e controle da manutenção (PCM)

De acordo com Viana (2002), o PCM é uma ferramenta que utiliza metodologia estratégica com foco em otimizar a gestão de atividades de manutenção, baseando-se em dados de manutenções anteriores com o objetivo de reduzir custos, prevenir falhas, aumentar a produtividade com ações programadas, "garantindo a máxima disponibilidade, confiabilidade e eficiência possível dos equipamentos, aumentando a produtividade".

De acordo com Teles (2019), esse núcleo engloba o conjunto de atividades da manutenção relacionadas ao planejamento, aprovisionamento de materiais e sobressalentes, programação, coordenação e controle dos serviços. É imprescindível a integração do PCM ao modelo de gestão, principalmente quando for manutenção preventiva ou corretiva planejada, participando como orientador em projetos em que as diretrizes focam em atingir as metas.

É utilizada principalmente pelos cargos mais técnicos e de maior responsabilidade, como cargos de gerência e coordenação da manutenção. Teles (2019) trata como a criação de padrões e procedimentos de trabalho para a manutenção, gerenciando e interligando as inspeções, manutenções, sistemas de lubrificação e capacitação de pessoal em novas tecnologias e projetos de engenharia. Outro ponto importante e de grande responsabilidade é o controle de documentação técnica resultante da manutenção e o programa de análise de falhas, seguindo uma cadeia gerencial e hierarquia estruturada, como mostrado na figura 2.12.

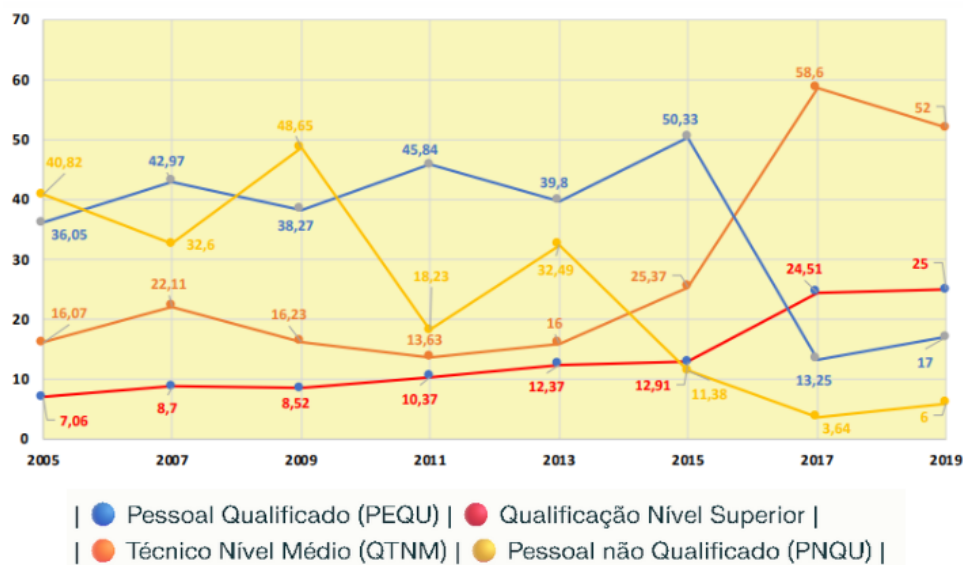
Figura 2.12 – Hierarquia do planejamento e controle da manutenção.



Fonte: TELES (2019)

A estrutura é influenciada de acordo com o tamanho da empresa, quanto maior o porte, maior será o departamento de manutenção. No caso a ser estudado, como o laboratório não é de grande porte e de uma Universidade que não busca lucro, o responsável pela manutenção dos equipamentos é o técnico do laboratório, o que nos últimos anos tem se tornando tendência o aumento considerável de técnicos e pessoal qualificado de nível superior, como mostrado pelos dados em porcentagem na figura 2.13, retirado do Documento Nacional da Manutenção realizado pela ABRAMAM 2019.

Figura 2.13 – Recursos humanos na manutenção.



Fonte: Adaptado de ABRAMAM - Documento nacional (2019)

Viana (2014) indica essa evolução como uma tendência do mercado, onde a ma-

manutenção ocupa um nível de gerência departamental, da mesma forma que a operação. O PCM é um órgão, ou seja, sua função principal é proporcionar suporte à manutenção, sendo ligado diretamente à gerência de departamento.

2.4.4 Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA)

É a determinação da taxa de risco de falha de cada componente ou processo, iniciando a análise a partir das causas para chegar nos efeitos decorrentes. Seu principal objetivo é aumentar a confiabilidade e a segurança, permitindo ações corretivas e preventivas, inicialmente em projetos, mitigando ou eliminando probabilidades de falhas (PACHECO et al., 2019).

Essa ferramenta da qualidade, advinda da sigla em Inglês FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*, é voltada para projetos, processos e sistemas. De acordo com Kardek e Narsif (2009), o FMEA é um sistema lógico que hierarquiza as falhas potenciais e fornece as recomendações para ações tomadas pela organização, sendo utilizada por profissionais e especialistas em análises de falhas.

Kardek e Narsif (2009) elenca os principais conceitos necessários para a análise do FMEA, sendo eles:

- *Causa*: É o meio pelo qual um elemento particular do projeto ou processo resulta em um Modo de Falha.
- *Efeito*: é uma consequência adversa para o consumidor ou usuário. Consumidor ou usuário pode ser a próxima operação ou o próprio usuário.
- *Modos*: são as categorias de falha que são normalmente descritas.
- *Frequência*: é a periodicidade de ocorrência da falha.
- *Gravidade*: indica como a falha afeta o usuário ou cliente.
- *Detectabilidade*: indica o grau de facilidade de detecção da falha.
- *Índice de prioridade de risco (NPR)*: É o resultado do produto da Frequência pela Gravidade da Falha pela Detectabilidade (facilidade de detecção). Esse índice dá a prioridade de risco da falha, como mostrado na equação 1.

$$NPR = F * G * D \quad (1)$$

Para obter dados confiáveis por meio do FMEA é recomendado que seja feita em grupo diversificado em áreas de conhecimentos, eliminando assim possíveis irregularidades. É usada uma escala de 1 a 10 para cada tópico presente no NPR, sendo o 10 para o

mais grave. Kardec e Narsif (2009) trazem recomendações baseadas nas experiências das empresas, como mostrado na imagem 2.14.

Figura 2.14 – Classificação do NPR.

Componente do NPR	Classificação	Peso
FREQUÊNCIA DA OCORRÊNCIA F	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
GRAVIDADE DA FALHA G	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
DETECTABILIDADE D	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
ÍNDICE DE RISCO NPR	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1.000

Fonte: KARDEC; NASCIF (2009)

2.4.5 5W2H

É uma ferramenta utilizada para identificar a causa raiz, o motivo fundamental que deu origem a falha, indica a melhor ação a ser tomada, solucionando o problema de forma definitiva, evitando que volte a ocorrer pelo mesmo modo mitigando a reincidência. É realizada por meio de 7 perguntas a serem respondidas, incluindo prazos e atribuição de responsabilidades (DAYCHOUM, 2018).

SEBRAE (2025) introduz a sigla 5W2H como advinda do inglês e é formada pelas letras iniciais das sete perguntas que devem ser feitas ao traçar o plano, as perguntas são:

- *What – o que será feito?*: Ação que deve ser executada, ou problema a ser solucionado.
- *Why – por que será feito?*: Justificativa dos motivos e objetivos de executar a ação ou solucionar o problema.
- *Where – onde será feito?*: Informação sobre onde cada um dos procedimentos que serão executados.
- *When – quando será feito?*: Cronograma que estabelece quando será executada cada etapa do plano.

- *Who – por quem será feito?*: Definição dos responsáveis pela execução do que foi planejado.
- *How – como será feito?*: Explicação sobre como serão executados os procedimentos para atingir os objetivos estabelecidos.
- *How much – quanto vai custar?*: Limitação de quanto custará cada procedimento e o custo total do que será feito.

Incide sobre processos simples e internos da empresa, é de simples compreensão e aplicação, ajudando a organizar e planejar de forma detalhada os projetos da empresa e sua função é dada pela definição do que será feito, por que, onde, por quem, quando, como e quanto isso custará, como disposto na Figura 2.15 (DAYCHOUM, 2018).

Figura 2.15 – Conceito da ferramenta 5W2H.

5W					2H		STATUS
WHAT (O QUE)	WHY (POR QUE)	WHERE (ONDE)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	HOW (COMO)	HOW MUCH (QUANTO CUSTA)	
O QUE SERÁ FEITO? QUAL É O SEU OBJETIVO? COMO DESCREVER O MELHOR QUE PODE OBTER NESTA SITUAÇÃO?	POR QUE SERÁ FEITO? QUAL É A RAZÃO QUE MOTIVA ESSA AÇÃO? O QUE VAI CONSEGUIR DE RETORNO? FAZ PARTE DE SUA MISSÃO? VALE A PENA?	ONDE SERÁ FEITO?	POR QUEM SERÁ FEITO? QUEM ESTÁ ENVOLVIDO OU É RESPONSÁVEL EM CADA AÇÃO? QUEM DEVE SER AVISADO?	QUANDO SERÁ FEITO? QUAIS SÃO AS PRIMEIRAS AÇÕES NECESSÁRIAS? ESSAS AÇÕES SÃO PROATIVAS OU DEPENDEM DE OUTRAS FORA DO SEU CONTROLE?	COMO SERÁ FEITO? COMO INICIAR, MENSURAR E ATIVAR AS AÇÕES NECESSÁRIAS? QUAIS SÃO AS SOLUÇÕES DE CONTINGÊNCIA, NO CASO DE ENCONTRAR OBSTÁCULOS? O QUE SINALIZARÁ QUE É O MOMENTO DE AGIR ASSIM?	QUANTO CUSTARÁ FAZER? QUANTO CUSTARÁ EM TEMPO, ESFORÇO, DINHEIRO, CONHECIMENTO, PREPARAÇÃO PSICOLÓGICA E NEGOCIAÇÃO OU MOTIVAÇÃO PESSOAL E DE GRUPO?	

Fonte: Blog Sebrae (2025)

2.5 INDICADORES DE DESEMPENHO

Os indicadores de desempenho, também conhecidos como KPI's (Key Performance Indicators), são métricas quantitativas utilizadas para medir e avaliar a eficiência das manutenções e a qualidade dos processos, serviços e ativos. Dentro da manutenção, esses KPI's permitem monitoramento de ativos, equipes de operação e manutenção, planejamento de tipo e periodicidade de manutenção e os custos envolvidos, servindo como parâmetro para mudanças e melhorias nos processos (MOURA, 2014).

2.5.1 Mean Time Between Failures (MTBF)

A ABNT NBR 5462 (1994) traz como Tempo Médio Entre Falhas (TMEF), sendo a indicação matemática do tempo de operação entre as falhas de um item. De acordo com Nascimento (2017), o MTBF é o tempo médio entre as falhas, ou seja, o tempo em que o equipamento mantém a operação em funcionamento dentro dos parâmetros mínimos até que a falha ocorra. São contabilizados não só paradas bruscas, manutenções corretivas mas também as manutenções preventivas planejadas. É a divisão entre o somatório das

horas de disponibilidade para operação (HD), pelo número de intervenções no período (NC), como mostrado na equação 2.

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad (2)$$

Esse índice indica que, principalmente para a manutenção corretiva, ao aumentar com o passar do tempo o tempo de operação está aumentando com a redução de intervenções no equipamento. Para a manutenção preventiva, a variação desse indicador não é expressiva, uma vez que já existe um plano para realização da manutenção, logo, uma previsão da quantidade de paradas pré-estabelecida (BERGES; LIMA, 2011).

2.5.2 mean time to repair (MTTR)

A ABNT NBR 5462 (1994) traz o MTTR como o indicador de tempo médio de reestabelecimento de operação. Já Nascimento (2017) diz que é o tempo médio necessário para reparar a falha ou para realizar a manutenção por meio de período de análise. O TMR é a divisão entre o somatório das horas de indisponibilidade para realização da manutenção (HIM) pelo número de intervenções de manutenção no período (NC), como mostrado na equação 3.

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad (3)$$

Quanto menor for o indicador de TMR, significa que está diminuindo o tempo de reparo para cada manutenção realizada. Isso pode indicar manutenções corretivas mais simples ou redução da quantidade de intervenções de manutenção, elevando o tempo em que o equipamento estará em operação (BERGES; LIMA, 2011).

2.5.3 Mean time to failure (MTTF)

A ABNT NBR 5462 (1994) traz o tema como Tempo Médio Para Falha (TMPF) e indica a expressão matemática do tempo até a falha de um item. É um indicador para algo que não pode ser reparado, ou seja, para falhas que exigem substituição do sistema e é empregado principalmente em sistemas eletrônicos. O tempo médio para falha é o total de horas disponíveis do equipamento para operação (HD) dividido pelo número de falhas encontradas em componentes que não são reparáveis, como na equação 4.

$$MTTF = \frac{HD}{NdeFalhas} \quad (4)$$

Como são indicadores parecidos, Viana (2002) diz que o que diferencia o MTBF do MTTF é que o primeiro indica a média de tempo para o reparo do equipamento, enquanto

o segundo indica a “vida útil” ou o tempo médio para a substituição do equipamento que não é possível a manutenção.

2.5.4 Disponibilidade física da máquina (DF)

De acordo com a ABNT NBR 5462 (1994), a disponibilidade física da máquina indica a quantidade de tempo em que está potencialmente disponível para operar sua função, desconsiderando as interrupções, seja corretiva ou preventiva. O conceito de disponibilidade pode variar muito entre empresas ou até mesmo entre setores da mesma empresa. Pode ser calculada em porcentagem como a disponibilidade de operação segundo as horas trabalhadas (HT) sobre a quantidade de horas totais no período (HG), como mostrado na equação 5.

$$DF = \frac{HT}{HG} * 100 \quad (5)$$

Com esse índice é possível obter a relação de equipamentos com menor disponibilidade física. A disponibilidade é importante para a manutenção, quando há de criar o plano de manutenção a escolha de qual tipo será utilizado passa por como já está sendo feita a manutenção e se o índice de disponibilidade está bom. Esses fatores incidem diretamente em relação de custos, como os custos referente a cada tipo de manutenção, ao tempo e operação do equipamento e a severidade da manutenção realizada (SOUZA, 2004).

2.5.5 Custo de Manutenção

Viana (2002) diz que o custo de manutenção dentro de uma empresa ou instituições de ensino, impactam diretamente na sustentabilidade das instituições em um mercado cada vez mais competitivo, profissionalizado e tecnológico. Segundo Filho (2008), os custos de manutenção podem representar cerca de 4% a 5% do faturamento das empresas no Brasil, chegando a cifras bilionárias anualmente.

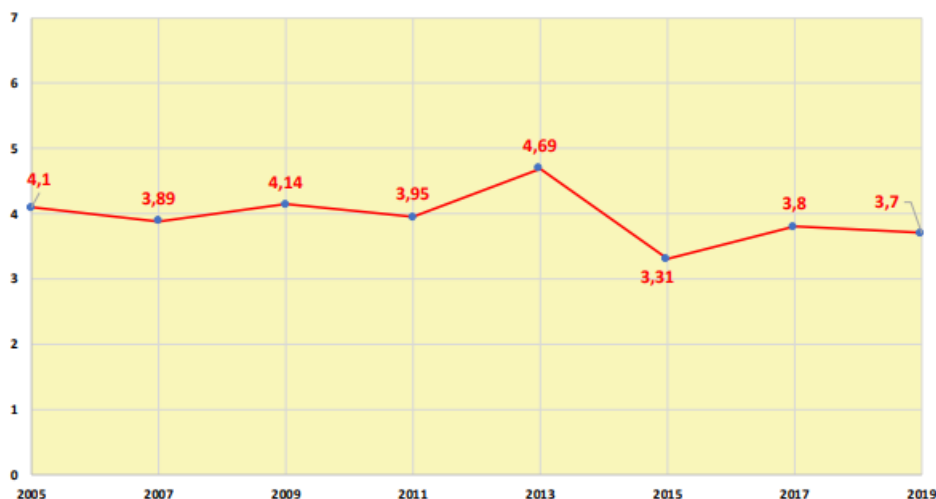
Esses custos de manutenção acabam sendo divididos em setores diferentes, como principalmente mão de obra, peças e materiais. Os principais indicadores que relacionam custos são indicadores diferentes, sendo eles, o custo de manutenção por faturamento (CMF) e o custo de manutenção por valor de reposição (CMVR) (FILHO, 2008).

O custo de manutenção por faturamento (CMF) é toda a relação de custos que uma instituição possui relacionado a manutenção. Esse indicador é obtido através do custo total da manutenção sobre o faturamento total da empresa, podendo ser adaptado em recortes desejados, como semanal, mensal ou anual, como mostrado na equação 6.

$$CMF = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Faturamento total da empresa}} \quad (6)$$

Trazendo dados sobre o cenário brasileiro, é perceptível uma variação mínima como mostrado no Gráfico 2.16, uma vez que fatores como crise econômica podem influenciar de forma drástica, principalmente no faturamento e nos preços de mão de obra e materiais (ABRAMAM - Documento nacional, 2019).

Figura 2.16 – Custo de manutenção pelo faturamento (CMF) (%).



Fonte: Adaptado de ABRAMAM - Documento nacional (2019)

Já o custo de manutenção por valor de reposição (CMVR) é principalmente utilizado para equipamentos de grande porte, de atuação severa, de alto custo ou de inviabilidade econômica. É mais simples que o anterior por possuir dados mais enxutos e o cálculo é feito através do custo total da manutenção do equipamento escolhido, dividido pelo valor de compra do equipamento, com o indicador sendo dado em percentagem (DAYCHOUM, 2018).

$$CMVR = \frac{\text{Custo da manutenção}}{\text{Valor de compra}} * 100 \quad (7)$$

De acordo com Viana (2002), esses indicadores são fundamentais para as decisões tomadas pelas empresas e para acompanhar o rendimento dos equipamentos e a qualidade da manutenção realizada, elucidando o dia-a-dia das instituições. Uma média de valor aceitável para o CMVR é $< 6\%$, a depender do retorno financeiro.

2.6 QUALIDADE NA MANUTENÇÃO

A Gestão pela Qualidade Total (GQT) ou *Total Quality Management (TQM)*, de acordo com Kardek e Nascif (2009), é considerada um processo de gerenciamento que se originou no Japão na década de 50. A TQM controla e organiza todas as atividades de qualquer tipo de instituição, pública ou privada, e sua eficácia é direcionada a satisfação do cliente final, redução de desperdícios e melhoria global dos resultados.

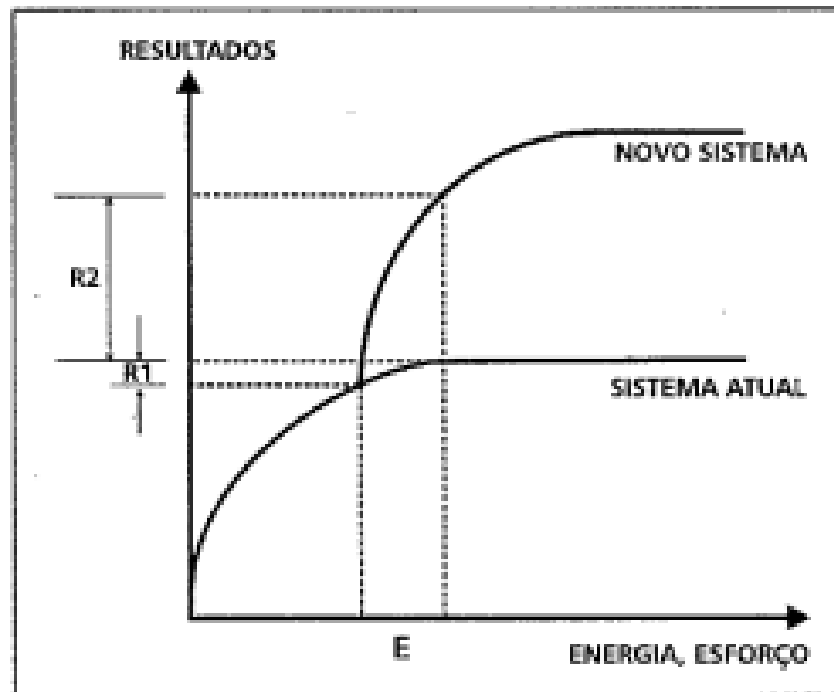
O papel da manutenção na qualidade é relacionado as condição e operação contínuas dos equipamentos, é possível a obtenção de qualidade e produção sem investir em novos equipamentos, utilizando novos métodos de trabalho e manutenção. É fundamental a renovação de métodos ultrapassados que não mais funcionam atualmente, com uma mudança de cultura, uma mentalidade receptiva e proativa, deixando de lado a resistência a mudanças e colocando em teste os novos modelos e ferramentas.

Xenos (1998) diz que para maior efetividade a TQM precisa ser aplicada por meio do giro do ciclo PCDA (Plan-Do-Check-Action ou Planejamento-Execução-Verificação-Atuação). Explica também que tal método planeja, verifica execução, se há desvios e as correções necessárias, e seus princípios para o desenvolvimento em qualquer instituição e descrito por meio de oito princípios:

- As ações devem ser orientadas para a satisfação das necessidades e expectativas dos clientes.
- A situação atual da empresa deve ser conhecida.
- Devem ser reconhecidos os pontos fracos do local de trabalho.
- Decisões devem ser orientadas por prioridades, atacando primeiro o mais crítico deixando de lado o menos importante.
- O processo é mais importante que os resultados.
- Levantamento de dados através da observação de fatos.
- A qualidade se faz durante o processo produtivo, logo, a atuação deve ser preventiva.
- Estabelecimento de um sistema para evitar reincidência dos problemas.

Kardek e Nascif (2009) ilustra essa relação de melhora por meio da mudança de processo, como mostra a figura 2.17.

Figura 2.17 – Comparação entre resultado do processo antigo e melhorado.



Fonte: Adaptado de KARDEC; NASCIF (2009).

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada e dividida em quatro etapas, sendo elas: Método de Pesquisa, Seleção de equipamentos, Entrevista com o técnico e estudo dos dados.

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia deste trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica, documental, qualitativa e de campo, utilizando livros, artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, manuais técnicos e normas relacionadas à manutenção de torno e fresa mecânica, além da análise da situação dos equipamentos e suas manutenções a partir de verificação visual e entrevista com o técnico responsável.

Inicialmente, a busca foi realizada em repositórios acadêmicos e periódicos especializados, a partir das palavras-chave “Torno Mecânico”, “Manutenção” e “Planejamento”, onde foram selecionados livros relevantes, consolidados e trabalhos com base na análise dos títulos. Em seguida, realizou-se uma triagem a partir da leitura dos resumos e introduções, afunilando a seleção para os estudos mais pertinentes ao tema. Por fim, foi feita a leitura integral dos trabalhos selecionados, garantindo a escolha dos materiais mais relevantes e alinhados aos objetivos propostos.

3.2 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A seleção dos equipamentos para este estudo foi realizada de maneira criteriosa, em conjunto com o orientador e o técnico responsável pelo laboratório de usinagem. Foram considerados critérios como porte dos maquinários, frequência de utilização nas disciplinas de Usinagem I e II, relevância operacional ao longo do ano letivo e a demanda recorrente por procedimentos de manutenção. Dessa forma, optou-se por abranger os tornos mecânicos e a fresadora, que representam os principais equipamentos do laboratório, tanto pelo volume de operações realizadas quanto pela necessidade frequente de atenção quanto à manutenção preventiva e corretiva.

O processo de identificação envolveu o levantamento das máquinas presentes, com base em observação direta das rotinas do laboratório, consulta ao técnico responsável e pesquisa em manuais. Em seguida, foram coletadas e organizadas informações essenciais, como quantidade de equipamentos, marca, modelo e número de patrimônio, conforme demonstrado na Tabela 3.1, guiando as etapas seguintes e indicando a infraestrutura a ser contemplada pelo plano de manutenção. Essa abordagem assegurou que a amostra de equipamentos selecionados fosse representativa e que atendesse de modo eficaz aos objetivos propostos na pesquisa.

Tabela 3.1 – Equipamentos analisados.

Quantidade	Equipamento	Patrimônio	Marca	Modelo
1	Torno mecânico	18112810	EUROSTEC	c6241x1000
1	Torno mecânico	18112810	EUROSTEC	c6241x1000
1	Fresadora mecânica	18132382	KONE	KFU - 2

Fonte: Autor, 2026.

3.3 ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL TÉCNICO

A metodologia empregada utilizando entrevistas estruturadas realizadas a partir de um checklist previamente elaborado. O checklist foi formulado com base em literatura especializada e validado pelo orientador, visando assegurar a clareza e relevância das perguntas. A entrevista foi conduzida presencialmente com o responsável pelo laboratório, assegurando que os dados obtidos são importantes e verídicos.

O checklist contemplava tópicos relativos à frequência das manutenções, procedimentos adotados, principais falhas observadas e recursos disponíveis para a manutenção. A resposta foi registrada em ficha individual e, posteriormente, os dados foram analisados através de identificação de pontos e padrões de melhoria nos processos de manutenção.

3.4 ESTUDO DOS DADOS

O refinamento e estudo dos dados coletados foram conduzidos com o objetivo de identificar lacunas no processo de manutenção e propor soluções efetivas para os equipamentos selecionados. Inicialmente, constatou-se a inexistência de registros formais acerca das manutenções realizadas anteriormente, ausência de histórico detalhado de falhas recorrentes, informações sobre materiais consumidos, controle do estoque de peças e monitoramento da vida útil de componentes como peças de reposição e lubrificantes.

Além disso, observou-se que alguns equipamentos estão atualmente fora de operação devido a falhas não reparadas, enquanto outros apresentam problemas relacionados à precisão ou desgaste, indicando a necessidade de manutenção corretiva ou ajustes preventivos.

Diante deste cenário, realizou-se uma análise criteriosa das condições atuais dos maquinários, complementada por referências teóricas e estudos de caso descritos na literatura especializada. Este levantamento permitirá identificar práticas recomendadas de manutenção preventiva e corretiva, adaptadas à realidade do laboratório.

Com isso, utilizou-se ferramentas da manutenção como 5W2H para elaboração de um modelo de ficha técnica de ordem de serviço, requisição de material, aviso de manutenção preventiva e planos de manutenção para os equipamentos presentes no laboratório. Essas informações são essenciais para garantir a realização adequada das atividades de manutenção e preservar o bom funcionamento do equipamento.

3.5 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE PCM

Com base nas informações obtidas durante o diagnóstico, foram desenvolvidas ferramentas voltadas à estruturação da gestão da manutenção no laboratório. Inicialmente, foram elaborados documentos padronizados para registro e controle das atividades, incluindo ordem de serviço, aviso de manutenção preventiva e requisição de materiais. Em seguida, foi desenvolvido um sistema informatizado em Microsoft Excel destinado ao armazenamento das informações de manutenção, criação de banco de dados histórico e geração de indicadores de desempenho.

Posteriormente, foram definidas as variáveis necessárias para o cálculo dos indicadores MTBF e MTTR, bem como estruturada uma planilha para aplicação da metodologia FMEA, permitindo a identificação dos modos de falha, seus efeitos e respectivas criticidades. Por fim, foi elaborado um plano de manutenção preventiva para os equipamentos analisados, considerando as recomendações dos fabricantes, as informações obtidas no questionário e os principais modos de falha identificados durante o diagnóstico do laboratório.

A metodologia proposta foi organizada de forma a possibilitar futura implantação pelo laboratório, servindo como base para a consolidação de uma cultura de manutenção preventiva e para a melhoria contínua da gestão dos ativos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os métodos apresentados na Seção 3 deste trabalho foram aplicados no Laboratório de Usinagem da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), Campus Bom Jesus da Lapa. O laboratório constitui um importante ambiente de apoio às atividades de ensino, pesquisa e extensão, sendo utilizado principalmente para aulas práticas relacionadas aos processos de fabricação e usinagem.

O estudo foi direcionado aos principais ativos do laboratório, representados por dois tornos mecânicos Eurostec C6241x1000 e uma fresadora mecânica universal KONE KFU-2/IMP. Esses equipamentos são amplamente utilizados nas atividades acadêmicas e desempenham papel fundamental no desenvolvimento das competências práticas dos estudantes, exigindo condições adequadas de funcionamento, segurança e confiabilidade.

Dessa forma, os resultados apresentados neste capítulo contemplam o diagnóstico da situação atual da manutenção dos equipamentos, a identificação das principais falhas e limitações existentes, bem como o desenvolvimento das ferramentas propostas para estruturação do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), incluindo a elaboração de documentos de controle, sistema de gerenciamento de dados, indicadores de desempenho e plano de manutenção preventiva.

4.1 DIAGNOSTICO DO CENÁRIO ATUAL

Diante dos resultados obtidos a partir de verificação presencial, questionário com perguntas e análise bibliográfica sobre os indicadores de desempenho e sistemas de manutenção utilizados na indústria foi possível estruturar os dados, separados em quatro pontos distintos em que contemplam identificar e mapear pontos de falhas e melhorias, analisar como é realizada a manutenção e, por fim, a atual infraestrutura, logística e recursos.

4.1.1 Identificação, Histórico e Utilização dos Ativos

A aplicação do questionário permitiu inicialmente caracterizar o perfil operacional dos equipamentos analisados, como identificado na tabela 4.1, compostos pelos tornos mecânicos Eurostec C6241x1000 e pela fresadora universal KONE KFU-2/IMP. Verificou-se que a utilização dos equipamentos está diretamente associada às atividades práticas desenvolvidas no Laboratório de Usinagem, sendo operados tanto pelos alunos durante as aulas quanto pelo técnico responsável em atividades de apoio acadêmico e manutenção.

Tabela 4.1 – Identificação, histórico e utilização dos ativos.

Perguntas	Respostas
Qual é o tempo médio semanal de operação real de cada um dos tornos Eurostec C6241x1000 e da fresadora KONE KFU-2/IMP durante o período letivo? (resposta em horas)	30 minutos para o torno nº 01 e para a fresadora nº 01. O torno nº 02 encontra-se em manutenção.
Existem manuais técnicos de operação, catálogos de peças ou esquemas elétricos/hidráulicos originais disponíveis e acessíveis para essas máquinas no laboratório?	Sim. Os manuais estão disponíveis para consulta e apoio às aulas práticas.
Qual é o perfil de utilização dessas máquinas? Elas são operadas majoritariamente por alunos em aulas práticas (com pouca experiência) ou pelo próprio técnico em projetos de pesquisa/extensão?	Ambos utilizam os equipamentos.
Houve alguma modificação estrutural, adaptação técnica (reforma) ou troca de motor nesses equipamentos desde que foram instalados na UFOB?	Até o momento não houve nenhuma alteração ou adaptação.

Fonte: Autor, 2026.

Observou-se que os equipamentos apresentam baixa carga operacional semanal, com tempo médio de utilização aproximado de 30 minutos para o torno nº 01 e para a fresadora, enquanto o torno nº 02 encontrava-se indisponível devido à necessidade de manutenção. Apesar da existência de manuais técnicos e documentação de apoio, constatou-se a ausência de alterações estruturais ou adaptações significativas desde a instalação dos equipamentos no laboratório.

Um aspecto relevante identificado durante o levantamento foi a inexistência de um sistema formal para registro da utilização dos equipamentos. Embora exista uma programação acadêmica que determine os períodos de utilização durante as aulas práticas, não há mecanismos que permitam identificar precisamente quais usuários operaram os equipamentos, por quanto tempo permaneceram em funcionamento ou qual foi o histórico de utilização de cada máquina. Essa limitação dificulta o rastreamento de ocorrências, a análise de falhas e o estabelecimento de indicadores de desempenho relacionados à operação dos ativos.

Os resultados obtidos nessa etapa evidenciam a necessidade de implementação de ferramentas que permitam o registro sistemático das informações operacionais dos equipamentos, constituindo a base para o desenvolvimento de um histórico confiável e para a estruturação de um sistema de gestão da manutenção alinhado às necessidades do laboratório.

4.1.2 Mapeamento de Falhas e Modos de Falha

As questões relacionadas às falhas e aos modos de falha, como identificado na tabela 4.2, tiveram como objetivo identificar os componentes críticos dos equipamentos e

fornecer informações preliminares para a elaboração da análise de modos e efeitos de falha (FMEA). Os resultados demonstraram que os problemas mais recorrentes observados nos equipamentos estão relacionados à lubrificação inadequada e ao desgaste de componentes do sistema de transmissão.

Tabela 4.2 – Mapeamento de falhas e modos de falha dos equipamentos.

Perguntas	Respostas
Quais foram as quebras ou falhas mais frequentes (crônicas) observadas nos tornos Eurostec e na fresadora KONE nos últimos anos?	Troca e abastecimento de óleo.
Quais componentes ou partes específicas dessas máquinas costumam apresentar os primeiros sinais de desgaste (ex.: correias, engrenagens da caixa de velocidades, guias do barramento, manivelas, fusos)?	As correias do sistema de transmissão.
Quando ocorre uma quebra repentina, qual costuma ser o “tempo médio de reparo” (MTTR) aproximado que você leva para colocar a máquina de volta em operação?	Tempo indeterminado, pois não há peças sobressalentes em estoque e o processo de aquisição ocorre por meio de licitação.
Das falhas que já aconteceram, alguma delas chegou a gerar uma situação de risco iminente ou acidente de segurança para os alunos ou para você (caracterizando uma falha crítica)?	Não sem registro.
Com que frequência você percebe falhas causadas por uso incorreto ou falta de cuidado dos operadores durante as atividades de usinagem?	Ferramentas de corte com excesso de folga.

Fonte: Autor, 2026.

Entre os componentes que apresentam os primeiros sinais de deterioração destacam-se as correias de transmissão, identificadas pelo técnico como os elementos mais suscetíveis ao desgaste durante a operação. Também foram relatadas ocorrências relacionadas ao surgimento de folgas excessivas em ferramentas e componentes mecânicos, condição que compromete a precisão dos processos de usinagem e pode acelerar a degradação de outros elementos do sistema.

Outro aspecto relevante identificado foi a ausência de registros históricos das falhas ocorridas. Embora o técnico tenha relatado a ocorrência de problemas operacionais ao longo dos anos, não existe documentação que permita determinar a frequência das falhas, os tempos médios de reparo ou a recorrência de determinados defeitos. Como consequência, informações fundamentais para o cálculo de indicadores como MTBF (Mean Time Between Failures) e MTTR (Mean Time To Repair) não estão disponíveis.

Os resultados dessa categoria evidenciam a necessidade da implementação de um sistema estruturado de registro das intervenções de manutenção, permitindo não apenas a criação de um banco de dados histórico, mas também a identificação dos componentes

críticos e dos modos de falha mais frequentes, servindo de base para futuras análises de confiabilidade e criticidade dos equipamentos.

4.1.3 Situação Atual da Manutenção e Lubrificação

A análise das práticas atuais de manutenção revelou que as atividades realizadas no laboratório possuem caráter predominantemente corretivo e dependem fortemente da experiência do técnico responsável. Embora existam rotinas informais de inspeção e verificação dos equipamentos, não foi identificado um plano de manutenção preventiva formalmente documentado ou baseado em registros históricos das intervenções realizadas, de acordo com as respostas presentes na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Situação atual da manutenção e lubrificação dos equipamentos.

Perguntas	Respostas
Quais rotinas de manutenção você realiza atualmente por conta própria (mesmo que de forma informal e sem plano estruturado), e com qual frequência (diária, semanal, mensal)?	Semanal.
Como é realizado o processo de lubrificação atual das máquinas? Quais pontos são lubrificados (guias, caixas de engrenagem), quais óleos/graxas são utilizados e onde esse material fica armazenado?	Utilização de óleo hidráulico ISO VG 68 e óleo SAE 10W40.
Como é feita a limpeza diária do laboratório em relação ao acúmulo de cavacos na bandeja dos tornos e na mesa da fresadora para evitar o travamento de eixos?	A limpeza é realizada diariamente e sempre após a utilização dos equipamentos.
As ferramentas de corte e os acessórios de fixação (como as placas dos tornos e os mandris da fresadora) passam por algum tipo de inspeção geométrica ou verificação de desgaste periódica?	Sim. Após as aulas práticas que utilizam esses equipamentos, os componentes são inspecionados visualmente.
Existe alguma rotina de verificação elétrica (como reaperto de bornes nos painéis, teste dos botões de emergência e sensores de segurança das tampas protetoras)?	Sim. Antes das aulas práticas são realizados testes dos sistemas de proteção e dos dispositivos de segurança, conforme os requisitos da NR-12.

Fonte: Autor, 2026.

As atividades de manutenção executadas com maior frequência incluem inspeções visuais, verificações de segurança, limpeza dos equipamentos e procedimentos de lubrificação. Segundo o responsável técnico, a lubrificação é realizada utilizando óleo hidráulico ISO VG 68 e óleo 10W40, enquanto as inspeções operacionais são conduzidas antes das aulas práticas, contemplando itens relacionados à segurança operacional e ao atendimento dos requisitos da Norma Regulamentadora NR-12.

Também foi constatado que a limpeza dos equipamentos é realizada diariamente após sua utilização, contribuindo para a remoção de cavacos e resíduos gerados durante os processos de usinagem. Além disso, ferramentas de corte e dispositivos de fixação passam por avaliações periódicas para identificação de desgastes que possam comprometer a qualidade das operações realizadas pelos usuários.

Apesar dessas práticas contribuírem para a conservação dos ativos, verificou-se que as atividades são executadas sem o suporte de registros formais ou indicadores de desempenho. Dessa forma, torna-se difícil avaliar a efetividade das ações realizadas, identificar tendências de falha ou estabelecer critérios objetivos para o planejamento das futuras intervenções. Esse cenário reforça a importância da implantação de um sistema de gestão da manutenção que permita documentar e monitorar todas as atividades executadas no laboratório.

4.1.4 Infraestrutura, Recursos e Logística de Suprimentos

A última etapa do diagnóstico teve como objetivo avaliar a infraestrutura disponível para a manutenção, os recursos técnicos existentes e as limitações associadas ao processo de aquisição de peças e contratação de serviços especializados. Os resultados evidenciaram restrições significativas que influenciam diretamente a capacidade de resposta do laboratório diante de falhas e necessidades de manutenção, como demonstrado na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Infraestrutura, recursos e logística de suprimentos para manutenção dos equipamentos.

Perguntas	Respostas
Quais ferramentas de diagnóstico ou instrumentos de medição o laboratório possui hoje para auxiliar nas inspeções (ex.: relógio comparador, nível de precisão, multímetro, termômetro)?	Relógio comparador e nível de precisão.
O laboratório conta atualmente com algum estoque de peças de reposição de uso recorrente (ex.: correias sobressalentes, fusíveis, pastilhas, óleos e filtros) ou tudo precisa ser adquirido sob demanda?	Não há estoque de peças de reposição.
Sabendo que as compras na UFOB dependem da Lei de Licitações (Lei nº 14.133/2021), quanto tempo, em média, demora o processo para conseguir adquirir uma peça de reposição essencial quando uma máquina quebra?	Aproximadamente um ano.
Caso seja necessária uma manutenção especializada que exija terceirização (como a retífica do barramento de um torno), a universidade possui contratos ativos ou canais eficazes para essa contratação?	Atualmente não há contratos ativos para manutenção especializada. No momento, o próprio técnico é responsável pelas atividades de manutenção dos equipamentos.
Quais são as principais janelas de tempo ocioso do laboratório (períodos de férias acadêmicas, turnos específicos), em que as máquinas ficam totalmente disponíveis para que a manutenção preventiva seja realizada sem interromper as aulas?	Não existem dificuldades relacionadas à disponibilidade de tempo para manutenção, uma vez que as atividades práticas não interferem significativamente na realização das intervenções necessárias.

Fonte: Autor, 2026.

Verificou-se que o laboratório dispõe apenas de instrumentos básicos para inspeção e diagnóstico, como relógio comparador e nível de precisão, não possuindo estoque de peças de reposição para componentes considerados críticos. Essa condição aumenta a dependência dos processos de aquisição sempre que ocorre a necessidade de substituição de peças ou realização de reparos mais complexos.

Outro fator de destaque refere-se aos procedimentos administrativos exigidos para aquisição de materiais e contratação de serviços especializados. Conforme relatado pelo técnico responsável, o tempo médio necessário para obtenção de peças por meio dos processos de compras da universidade pode alcançar aproximadamente um ano. Além disso, não existem contratos ativos para prestação de serviços especializados de manutenção, fazendo com que todas as intervenções dependam de processos administrativos específicos.

Por outro lado, observou-se que a disponibilidade dos equipamentos para realização de manutenções preventivas não representa uma limitação significativa, uma vez que os períodos destinados às aulas práticas permitem o planejamento das intervenções sem comprometer as atividades acadêmicas. Entretanto, as restrições relacionadas à logística

de suprimentos reforçam a necessidade de um planejamento estruturado das atividades de manutenção, permitindo antecipar demandas por peças e serviços e reduzindo os impactos causados pela indisponibilidade prolongada dos equipamentos.

Dessa forma, os resultados obtidos nesta categoria evidenciam que a implantação de um sistema de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), associado a mecanismos de controle de materiais e histórico de intervenções, torna-se fundamental para aumentar a confiabilidade dos equipamentos e minimizar os efeitos das limitações inerentes ao ambiente de uma instituição pública federal.

4.2 CRIAÇÃO DE FICHAS PARA BANCO DE DADOS

Os resultados obtidos por meio da aplicação do questionário evidenciaram deficiências no laboratório relacionadas ao controle de utilização dos equipamentos, ao registro dos operadores responsáveis e dos respectivos tempos de uso, bem como à documentação das atividades de manutenção realizadas, incluindo informações sobre os responsáveis pela execução e as datas das intervenções. Diante desse cenário, foram elaborados documentos de controle voltados à gestão da manutenção, incluindo fichas de ordem de serviço, avisos de manutenção preventiva e requisições de materiais.

A ordem de serviço constitui uma ferramenta fundamental para a organização do sistema de manutenção, uma vez que possibilita o registro sistemático das intervenções realizadas em cada equipamento. Por meio desse documento, torna-se possível armazenar informações relevantes de forma individualizada, permitindo a construção de um histórico detalhado que auxilia no acompanhamento do desempenho, das falhas recorrentes e das ações corretivas e preventivas executadas.

No laboratório analisado, conforme relatado pelo técnico responsável durante a aplicação do questionário, as intervenções de manutenção eram realizadas sem a emissão de solicitações formais ou registros documentados. Nessa condição, quando identificado algum comportamento anormal ou falha operacional, o operador comunicava diretamente o técnico responsável, que realizava a manutenção ou acionava uma empresa terceirizada para a execução do serviço.

Considerando que a implementação de procedimentos formais de registro representa uma etapa essencial para a estruturação do planejamento da manutenção e para a criação de um histórico confiável dos equipamentos, foi desenvolvida, como segunda etapa da metodologia proposta, uma ficha de ordem de serviço destinada ao controle e à rastreabilidade das intervenções realizadas no laboratório.

Esse documento básico deve conter campos específicos para o preenchimento das informações essenciais relacionadas ao serviço a ser executado, além de um espaço destinado às observações, onde o técnico responsável registra o feedback das atividades realizadas. Para garantir a eficiência e a praticidade do processo, é importante que o modelo de ordem

de serviço contenha apenas os campos necessários, sendo sua emissão obrigatória antes da execução de qualquer intervenção, seja ela preventiva, corretiva ou de modificação.

Durante a elaboração da ficha de ordem de serviço, considerou-se a necessidade de registrar informações que possibilitem o planejamento, a execução e o acompanhamento das atividades de manutenção. Antes da realização de qualquer intervenção, é fundamental que seja efetuada uma avaliação da falha ou do dano apresentado pelo equipamento, permitindo determinar a gravidade do problema e identificar os materiais necessários para a execução do reparo. Dessa forma, a estrutura da ordem de serviço foi desenvolvida com base na metodologia 5W2H, contemplando os campos considerados essenciais para o controle das atividades de manutenção, como identificado na figura 4.1.

Figura 4.1 – Modelo de Ordem de Serviço.

		Departamento de Manutenção Laboratório de Usinagem	
		ORDEM DE SERVIÇO	
Máquina:	Marca:	Patrimônio:	Nº O.S:
Título do Trabalho:			Periodicidade:
TIPO DE DANO:			
EPI'S E FERRAMENTAS NECESSÁRIAS:			
DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE SERVIÇOS REALIZADOS:			
MATERIAIS UTILIZADOS:			
EMIÇÃO:		RECEPÇÃO:	REPARO:
//_		_/_/_	_/_/_
:		_:_	_:_
TOTAL DE HORAS: _____		CUSTO TOTAL: R\$ _____	
OBSERVAÇÕES:			
EXECUTANTE:			ASSINATURA:

Fonte: Autor, 2026

No campo referente ao que será realizado, são registradas informações relacionadas ao título do serviço e ao tipo de manutenção a ser executada. Para as atividades preventivas, também é indicada a periodicidade das revisões, permitindo que os usuários compreendam a necessidade da indisponibilidade temporária do equipamento durante a execução das intervenções programadas.

Quanto à identificação do local de execução, a ficha contempla informações sobre a localização do equipamento e seu respectivo código patrimonial ou de identificação.

Esse registro é particularmente importante em ambientes que possuem equipamentos semelhantes, reduzindo a possibilidade de erros de identificação e contribuindo para a agilidade no atendimento.

Em relação à forma de execução, a ordem de serviço prevê um campo destinado à descrição dos procedimentos e parâmetros necessários para a realização da atividade. Nas manutenções preventivas, esse detalhamento assume maior relevância, pois garante a padronização das intervenções e reduz a ocorrência de falhas decorrentes da execução inadequada dos procedimentos. Quando a quantidade de informações necessárias excede a capacidade da ficha, recomenda-se a utilização de uma Instrução de Manutenção (IM) complementar, assegurando que os procedimentos permaneçam atualizados e acessíveis aos responsáveis pela execução.

A ficha também contempla a identificação do responsável pela atividade, permitindo a rastreabilidade das intervenções realizadas. Além disso, são registradas informações temporais relacionadas à emissão, recebimento e execução da ordem de serviço, bem como o total de horas empregadas na atividade e os custos associados à manutenção. Esses dados contribuem para o desenvolvimento de indicadores de desempenho e para o aprimoramento do planejamento das ações futuras.

As etapas correspondentes às perguntas “para que será realizado” e “quanto custará” não foram incorporadas à estrutura proposta. A primeira foi considerada redundante, uma vez que a finalidade da intervenção encontra-se implícita na descrição da atividade e no tipo de manutenção executada. Já a segunda não foi adotada devido à dificuldade de estimar previamente os custos envolvidos em determinadas intervenções, especialmente nas manutenções corretivas, nas quais a extensão dos danos e os recursos necessários somente são conhecidos após uma avaliação mais detalhada do equipamento.

Além da implementação da ordem de serviço, identificou-se a necessidade de estabelecer um mecanismo de comunicação que permitisse informar previamente os usuários sobre a indisponibilidade programada dos equipamentos. Nesse contexto, foi desenvolvido um aviso de manutenção preventiva com o objetivo de minimizar impactos nas atividades do laboratório e possibilitar um melhor planejamento por parte dos operadores e responsáveis pelos equipamentos.

A utilização desse aviso é especialmente importante quando as intervenções de manutenção estão programadas para ocorrer em períodos nos quais os equipamentos normalmente estariam disponíveis para uso. Dessa forma, a divulgação antecipada da informação contribui para a redução de conflitos de agenda, evita interrupções inesperadas nas atividades e promove maior integração entre as ações de manutenção e a rotina operacional do laboratório.

A estrutura do aviso de manutenção preventiva, apresentada na figura 4.2, foi elaborada para fornecer aos usuários as informações essenciais relacionadas à intervenção programada. Para isso, o documento contempla a identificação do responsável pela manu-

tenção, a data prevista para a realização do serviço, a localização do equipamento, sua identificação por nome e número de patrimônio ou controle interno, bem como os horários estimados de início e término da atividade. Além disso, foi incluído um número de controle do aviso, permitindo sua rastreabilidade e facilitando o acompanhamento das manutenções programadas.

Figura 4.2 – Modelo de aviso de manutenção preventiva.

AVISO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA:				
Laboratório:			Nº: _____	
Informamos que efetuaremos manutenção preventiva em ____/____/____ no(s)				
seguinte(s) equipamento(s):				
EQUIPAMENTO	Nº DE PATRIMONIO	OPERAÇÃO A REALIZAR	INICIO __ : __	TERMINO __ : __
DATA DA EMISSÃO: __/__/__		NOME DO RESPONSÁVEL: _____		
		ASSINATURA: _____		

Fonte: Adaptado de BERTOLDO (2014)

A adoção desse procedimento fortalece o planejamento das atividades de manutenção preventiva, aumentando a previsibilidade das intervenções e contribuindo para a consolidação de uma cultura organizacional voltada ao controle, à comunicação e à gestão eficiente dos recursos laboratoriais.

Complementando a estrutura proposta para o gerenciamento da manutenção, foi desenvolvida uma ficha de requisição de materiais, como mostrado na figura 4.3, com a finalidade de aprimorar o controle do almoxarifado e garantir a rastreabilidade dos itens utilizados nas intervenções realizadas no laboratório. A adoção desse documento permite um acompanhamento mais preciso da entrada e saída de peças, componentes e materiais de consumo, contribuindo para o planejamento das atividades de manutenção e para a redução de falhas decorrentes da indisponibilidade de recursos.

Figura 4.3 – Modelo de requisição de materiais.

REQUISIÇÃO DE MATERIAIS		Nº: _____
Laboratório de Usinagem		
QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	
SOLICITANTE: _____		ASSINATURA: _____
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL: _____		Data: __/__/__ Hora: __:__
OBSERVAÇÕES: 		

Fonte: Adaptado de BERTOLDO (2014)

A implementação desse controle torna-se ainda mais relevante no contexto de instituições públicas federais, nas quais a aquisição de peças, equipamentos e serviços especializados deve seguir os procedimentos administrativos e legais estabelecidos pela legislação vigente de licitações e contratos administrativos, que é a Lei nº 14.133/2021. Dessa forma, a formalização das necessidades por meio da requisição de materiais possibilita maior organização do processo de aquisição, fornecendo informações que subsidiam a abertura dos procedimentos necessários para a contratação de serviços terceirizados ou compra de componentes destinados à manutenção dos equipamentos laboratoriais.

No laboratório estudado, a ficha de requisição foi estruturada para ser preenchida pelo técnico responsável pela manutenção e posteriormente encaminhada à direção da unidade acadêmica para análise e prosseguimento dos trâmites administrativos cabíveis. Esse fluxo busca assegurar que as demandas identificadas durante as inspeções, manutenções preventivas ou corretivas sejam devidamente registradas, avaliadas e atendidas em conformidade com as exigências institucionais.

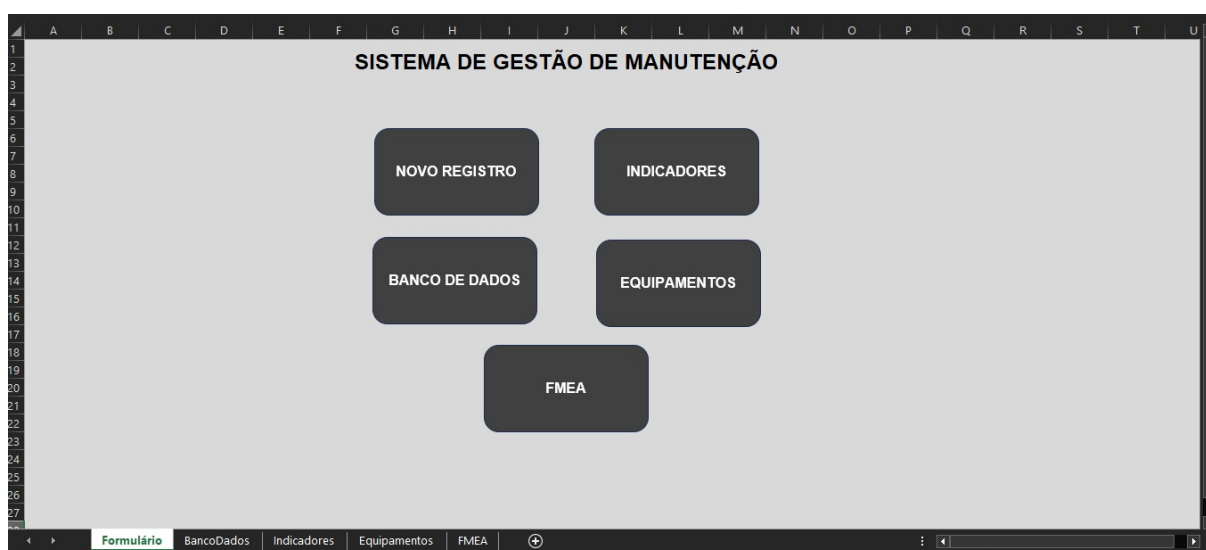
A estrutura da requisição de materiais, apresentada na figura acima, contempla informações consideradas essenciais para o controle e rastreamento das solicitações, incluindo a data de emissão, número sequencial do documento, identificação da peça ou material solicitado, quantidade requerida, identificação e assinatura do técnico responsável, assinatura da direção da unidade e um campo destinado a observações complementares. A padronização dessas informações contribui para a organização documental do setor, facilita o acompanhamento das solicitações e fornece subsídios para futuras análises relacionadas aos custos e à frequência de utilização dos materiais empregados na manutenção dos equipamentos.

4.3 DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE BANCO DE DADOS

4.3.1 Interface de sistema

Após a estruturação dos documentos de controle da manutenção, foi desenvolvida uma ferramenta informatizada em Microsoft Excel com o objetivo de centralizar o armazenamento, a consulta e a análise das informações geradas durante as atividades de manutenção, como disposto na figura 4.4 abaixo. A implementação desse sistema buscou atender à necessidade identificada durante o diagnóstico inicial do laboratório, que evidenciou a inexistência de registros históricos organizados sobre falhas, intervenções, custos e desempenho dos equipamentos.

Figura 4.4 – Interface inicial do sistema.



Fonte: Autor, 2026

Todos os botões dessa interface inicial são interativos ao clique e funcionam direcionando para as abas de planilhas desejadas, de acordo com suas identificações. Já para o caso do primeiro botão (novo registro) tem a função de abrir a interface responsável pelo registro das informações e o botão (FMEA) direciona para a aba da planilha FMEA e também abre a interface de preenchimento de dados da mesma.

A utilização de sistemas informatizados para o gerenciamento da manutenção é uma prática amplamente difundida em organizações que possuem processos de manutenção consolidados, permitindo maior controle sobre os ativos e fornecendo informações relevantes para a tomada de decisão. Entretanto, a adoção de softwares especializados pode representar custos elevados de aquisição, implantação e treinamento, tornando sua aplicação pouco viável em laboratórios de pequeno porte ou instituições com recursos financeiros limitados. Nesse contexto, o Microsoft Excel apresenta-se como uma alternativa acessível e de fácil implementação, oferecendo recursos suficientes para o controle inicial das atividades de manutenção sem gerar custos adicionais para a instituição.

4.3.2 Interface de registro e banco de dados

O sistema desenvolvido foi estruturado em diferentes planilhas interligadas, permitindo o cadastro dos equipamentos, o registro das intervenções realizadas, o armazenamento de dados históricos e a geração de indicadores de desempenho da manutenção. Para facilitar a utilização pelos usuários, foi criada uma interface gráfica de preenchimento, conforme ilustrado na figura 4.5, na qual são registradas informações como setor, equipamento, código de identificação, motivo da falha, requisitante, data e horário da solicitação, descrição da intervenção realizada, materiais utilizados, custos associados, observações e responsável pela execução do serviço. Após o preenchimento, os dados são automaticamente armazenados em um banco de dados interno da planilha, garantindo maior organização e rastreabilidade das informações.

Figura 4.5 – Interface para preenchimento do formulário.

The image shows a web-based form titled "Registro de Intervenção de Manutenção". The form is organized into four main sections:

- Identificação:** Contains three input fields: "Setor:", "Equipamento:" (with a dropdown arrow), and "Código Equipamento:" (with a dropdown arrow).
- Solicitação:** Contains four input fields: "Motivo da falha:" (a large text area), "Requisitante:" (a large text area), "Data Solicitação:" (a date input field), and "Hora Solicitação:" (a time input field).
- Execução:** Contains four input fields: "Descrição da intervenção:" (a large text area), "Materiais necessários:" (a text input field), "Custo:" (a text input field), and "Observações:" (a large text area).
- Encerramento:** Contains four input fields: "Executado por:" (a large text area), "Início - Data:" (a date input field), "Fim - Data:" (a date input field), and "Hora:" (a time input field).

At the bottom of the form, there are five buttons: "Adicionar Registro" (green), "Salvar Alteração" (blue), "Excluir Registro" (red), "Limpar" (white), and "Localizar" (green). The "Localizar" button is positioned next to a "Registro Nº:" input field.

Fonte: Autor, 2026

A criação desse banco de dados possibilitou a consolidação do histórico de manutenção dos equipamentos do laboratório, permitindo o acompanhamento detalhado das ocorrências registradas ao longo do tempo. Com isso, torna-se possível identificar os equipamentos que apresentam maior frequência de falhas, os tipos de intervenções mais recorrentes, os custos associados às manutenções e os períodos de maior indisponibilidade dos ativos. Essas informações constituem uma base fundamental para o planejamento das ações preventivas e para a priorização dos recursos disponíveis.

Para que todo o sistema funcione de forma adequada, a primeira etapa a ser realizada é a de cadastro dos equipamentos na planilha (Equipamentos). Nessa planilha, é solicitado o preenchimento de dados como código, equipamento, setor, fabricante, modelo, status e a quantidade de horas disponíveis para utilização mensal, em que todos os campos são preenchidos manualmente como identificado na figura 4.6.

Figura 4.6 – Interface para preenchimento e inscrição dos equipamentos.

	A	B	C	D	E	F	G
	Código	Equipamento	Setor	Fabricante	Modelo	Status	Horas Mês
1	EQ-001	TORNO 01	Laboratório	EUROSTEC	X100	Ativo	480
2	EQ-002	TORNO 02	Laboratório	EUROSTEC	X100	Ativo	480
3	EQ-003	FRESADORA 01	Laboratório	KONE	KF02/IMP	Ativo	480
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							

Fonte: Autor, 2026

O código do equipamento segue a sequencia mais simples possível, mantendo um padrão claro e de fácil identificação, considerando todos os ativos como equipamentos (EQP-00X). Más, há a possibilidade de modificar esse código de acordo com desejo, seguindo um padrão com a função ou tipo do equipamento como foco como por exemplo TOR-001 ou FRE-001.

Ao abrir a interface selecionando o botão de novo registro, como mostrado no tópico anterior, é possível preencher as informações da manutenção que são fundamentais para documentação das mesmas, onde no local de equipamento é possível selecionar uma das opções anteriormente preenchidas na aba (equipamentos) e automaticamente aparecerá o código do equipamento selecionado no campo código.

Após preencher todos os dados, ao selecionar o botão “Adicionar registro” esses dados serão salvos na tabela “Banco de Dados” e aparecerá uma mensagem informando se o procedimento foi bem sucedido. Caso ainda esteja aparecendo os dados previamente digitados, é possível limpar esse dados ao interagir com o botão “limpar” ou queira adicionar ou modificar alguma informação, após complementar os dados, interagir com o botão “salvar alteração”.

Ainda nessa interface, é possível localizar um desses registro salvos, interagindo com o botão “localizar”, e, após localiza-la, há a possibilidade de excluir o registro interagindo com o botão vermelho ou modificar ou complementar as informações de um registro salvo anteriormente utilizando o botão azul. Para fechar essa interface é necessário interagir com o botão em x no canto superior direito, fechando a aba.

Os dados salvos na interface de novo registro ficam armazenados na planilha banco de dados, salvos e formatados como tabela, possibilitando tanto a identificação de todos os dados quanto a filtragem em qualquer dos tópicos, possibilitando a fácil identificação da informação desejada, como mostrado na figura 4.7.

Figura 4.7 – Interface do banco de dados.

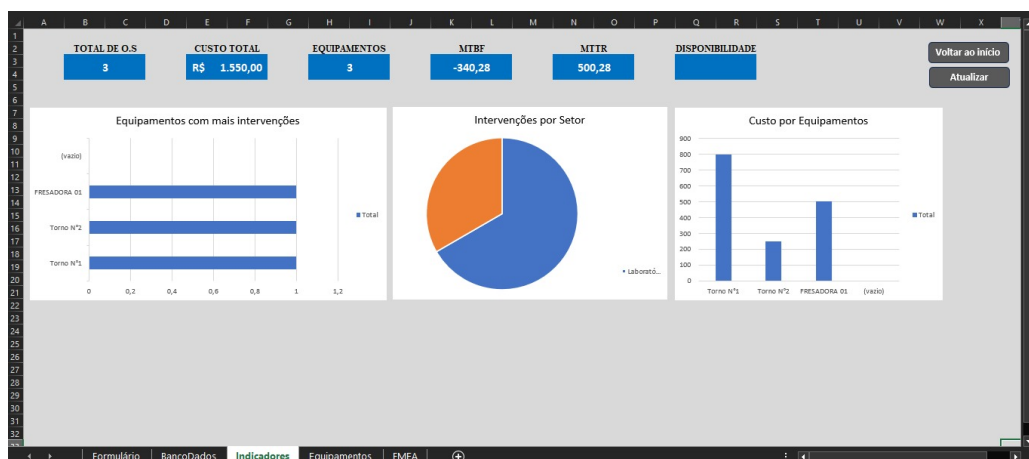
Registro	Setor	Equipamento	Código Equipamento	Motivo Falha	Requisitante	Data Solicitacao	Hora Solicitacao	Descricao	Materiais	Custo	Observacoes	Executado Por
MAN-00001	Laboratório	Torno N°1	EQ-001	Vibração excessiva	Higor Durães	02/06/2026	08:00	lubrificação.	barramento,	800,00	será necessário desmontar os barramentos para mitigar folgas e evitar vibrações. Pode ser resolvido através de	Osmário da Silva
MAN-00002	Laboratório	Torno N°2	EQ-002	Nível de óleo baixo	Higor Durães	06/07/2026	14:00	Desmontagem de cob. Junta de cab		250,00	é necessária a aquisição de peças para realização do serviço, logo a programação deve ser feita com antecedência.	Osmário da Silva
MAN-00003	Laboratório	FRESADORA 01	EQ-003	Eixo z não está funcionando	Higor Durães	06/07/2026	10:00	Desmontagem, verificação	Graxa	500,00		Osmário da Silva

Fonte: Autor, 2026

4.3.3 Indicadores e gráficos

Além da função de armazenamento de dados, o sistema foi projetado para fornecer suporte à análise de desempenho da manutenção por meio da geração de indicadores gerenciais. A partir dos registros históricos armazenados, é possível calcular parâmetros amplamente utilizados na gestão da manutenção, como o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e o Tempo Médio para Reparo (MTTR). Esses indicadores permitem avaliar a confiabilidade e a manutenibilidade dos equipamentos, fornecendo subsídios para a identificação de falhas crônicas e para a avaliação da efetividade das ações de manutenção implementadas, como disposto na figura 4.8.

Figura 4.8 – Interface de gráficos e indicadores de desempenho.



Fonte: Autor, 2026

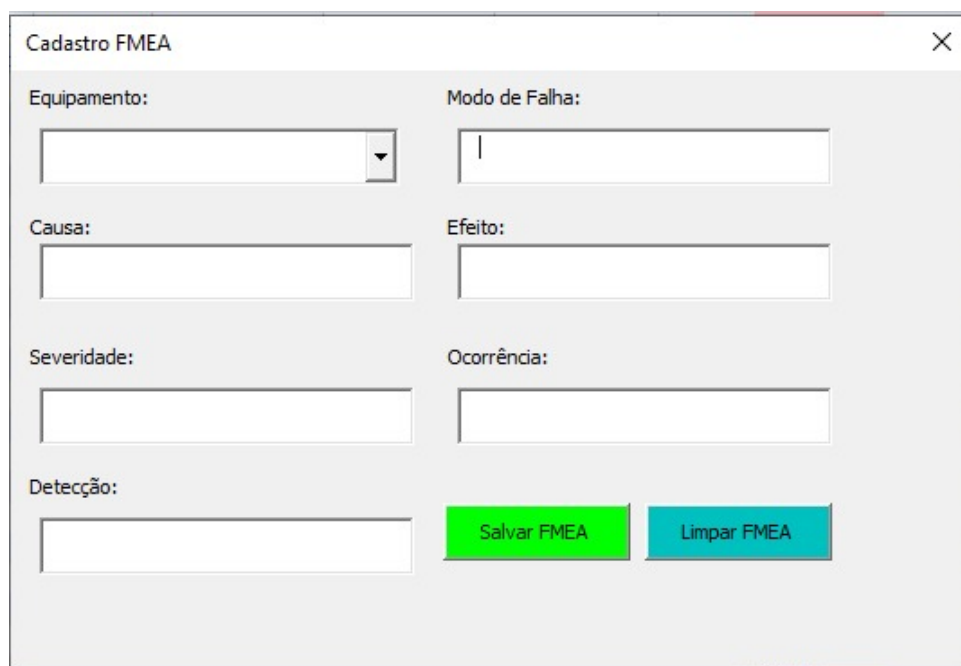
Os dados armazenados na planilha “BancoDados” são utilizadas para gerar tabelas dinâmicas e os cálculos necessários para geração adequada dos indicadores da manutenção e também dos gráficos gerados a partir desses dados com ambos sendo dispostos na planilha “indicadores”. As tabelas dinâmicas e os cálculos estão em uma planilha oculta dentro do sistema, com tudo interligado.

É possível filtrar os dados para que os indicadores apresentados representem um grupo específico de equipamentos desejados, para isso é necessário utilizar o filtro na tabela em que os dados brutos estão presentes, assim todos os dados dos indicadores serão automaticamente atualizados, assim como os gráficos. Caso os indicadores e gráficos não atualizem, é possível utilizar o botão “atualizar” no canto superior direito para que corrija o mal funcionamento.

4.3.4 Interface FMEA

Outra funcionalidade incorporada ao sistema foi a possibilidade de aplicação da metodologia FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), como identificado na figura 4.9, utilizando os dados históricos registrados para identificar modos de falha, suas causas, efeitos e níveis de criticidade. A utilização dessa ferramenta contribui para uma abordagem mais proativa da manutenção, permitindo direcionar esforços para os componentes e equipamentos que apresentam maior impacto operacional, reduzindo a probabilidade de falhas e aumentando a confiabilidade dos processos laboratoriais.

Figura 4.9 – Interface do sistema do FMEA.



Fonte: Autor, 2026

A melhor forma para a utilização desse sistema é a realização do FMEA para cada equipamento por vez, assim o sistema apresenta maior acurácia e não dificulta

a identificação e entendimento tanto por quem elabora quanto por quem posteriormente vá analisar os dados. Após a finalização para um equipamento é necessária a limpeza dos dados para nova elaboração de FMEA, com o anteriormente realizado podendo ser salvo para que não perca as informações.

Dessa forma, o sistema desenvolvido não se limita ao simples registro das atividades de manutenção, mas atua como uma ferramenta de apoio à gestão, transformando dados operacionais em informações estratégicas para a tomada de decisão. A disponibilidade de informações organizadas e atualizadas possibilita um acompanhamento contínuo do desempenho dos equipamentos e das ações de manutenção, contribuindo para a otimização dos recursos, redução dos custos operacionais e aumento da confiabilidade dos ativos presentes no laboratório, armazenados em uma aba separada, como mostrado na figura 4.10.

Figura 4.10 – Interface do banco de dados do FMEA.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Código Equipamento	Equipamento	Modo Falha	Efeito	Causa	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteccção (D)	NPR	Classificação	Ação Recomendada	Responsável	Prazo	Status	
2	EQ-001	TORN01	Vazamento	Parada da produção	Vazamento	8	5	4	160	ALTO					
3	EQ-002	TORN02	Vazamento	Parada da produção	Vazamento	8	8	4	256	CRÍTICO					
4	EQ-003	FRESADORA D1	Rompimento	Parada da produção	Tempo de u	4	4	4	64	MÉDIO					
5		#N/D							0	BAIXO					
6		#N/D							0	BAIXO					
7		#N/D							0	BAIXO					
8		#N/D							0	BAIXO					
9		#N/D							0	BAIXO					
10		#N/D							0	BAIXO					
11		#N/D							0	BAIXO					
12		#N/D							0	BAIXO					
13		#N/D							0	BAIXO					
14		#N/D							0	BAIXO					
15		#N/D							0	BAIXO					
16		#N/D							0	BAIXO					
17		#N/D							0	BAIXO					
18		#N/D							0	BAIXO					
19		#N/D							0	BAIXO					
20		#N/D							0	BAIXO					
21		#N/D							0	BAIXO					
22		#N/D							0	BAIXO					
23		#N/D							0	BAIXO					
24		#N/D							0	BAIXO					
25		#N/D							0	BAIXO					
26		#N/D							0	BAIXO					
27		#N/D							0	BAIXO					
28		#N/D							0	BAIXO					
29		#N/D							0	BAIXO					
30		#N/D							0	BAIXO					
31		#N/D							0	BAIXO					

Fonte: Autor, 2026

4.4 ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A partir dos resultados obtidos no diagnóstico inicial, das informações fornecidas pelo técnico responsável e das recomendações dos fabricantes dos equipamentos, foi elaborado um Plano de Manutenção Preventiva para os ativos do Laboratório de Usinagem da Universidade Federal do Oeste da Bahia. O plano contempla os dois tornos mecânicos Eurostec C6241x1000 e a fresadora universal KONE KFU-2/IMP, equipamentos que representam os principais recursos utilizados durante as atividades práticas do curso.

A necessidade de elaboração desse plano foi evidenciada durante a aplicação do questionário, que revelou a inexistência de procedimentos formalizados para programação, registro e acompanhamento das atividades de manutenção. Embora algumas ações preventivas fossem realizadas rotineiramente pelo técnico responsável, não havia documentação que

permitisse controlar a execução das tarefas, acompanhar a periodicidade das intervenções ou gerar um histórico confiável dos equipamentos.

Com o objetivo de corrigir essa deficiência, foi desenvolvida uma estrutura baseada nos princípios do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), organizando as atividades de acordo com sua frequência de execução e contemplando inspeções operacionais, limpeza, lubrificação, ajustes mecânicos, verificações de segurança e avaliações geométricas. A estrutura adotada segue uma lógica semelhante aos Planos de Manutenção, Operação e Controle (PMOC), permitindo registrar a execução das atividades ao longo do ano e identificar rapidamente eventuais pendências.

As atividades propostas foram definidas considerando os principais modos de falha identificados durante o diagnóstico do laboratório. Entre eles destacam-se o desgaste das correias de transmissão, a deficiência de lubrificação dos componentes mecânicos, o surgimento de folgas excessivas em sistemas de movimentação, a deterioração dos dispositivos de segurança e os problemas decorrentes da falta de limpeza dos equipamentos após sua utilização. Dessa forma, buscou-se estabelecer uma rotina de manutenção capaz de atuar preventivamente sobre as causas mais prováveis de falha, reduzindo a necessidade de intervenções corretivas e aumentando a disponibilidade operacional dos equipamentos.

Além de orientar as atividades de manutenção, o plano desenvolvido foi integrado ao sistema informatizado proposto neste trabalho. Dessa forma, todas as intervenções executadas podem ser registradas no banco de dados da manutenção, possibilitando a construção de um histórico de falhas, a geração de indicadores de desempenho, como MTBF e MTTR, e o desenvolvimento futuro de análises de criticidade por meio da metodologia FMEA.

A figura 4.11 apresenta o modelo do Plano de Manutenção Preventiva elaborado para os equipamentos do Laboratório de Usinagem. Sua utilização permitirá acompanhar a execução das atividades programadas, padronizar procedimentos e fornecer informações confiáveis para a tomada de decisão relacionada à gestão dos ativos laboratoriais.

Figura 4.11 – Modelo de Plano de Manutenção.

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA - TORNO EUROSTEC C6241x1000																																	
Equipamento	Código	Local						Data								Responsável																	
Atividades	Frequência	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Limpeza geral da máquina e remoção de cavacos	Diária																																
Verificação dos dispositivos de segurança (NR-12)	Diária																																
Lubrificação dos pontos recomendados pelo fabricante	Diária																																
Inspeção visual de vazamentos, ruídos e vibrações anormais	Semanal																																
Verificação dos níveis de óleo e fluido de corte	Semanal																																
Limpeza do sistema de refrigeração	Semanal																																
Inspeção das correias de transmissão	Mensal																																
Verificação e ajuste de folgas dos sistemas de movimentação	Mensal																																
Lubrificação completa de fusos, cremalheiras e guias	Mensal																																
Inspeção dos componentes elétricos e comandos	Semestral																																
Troca dos lubrificantes das caixas de engrenagens	Semestral																																
Verificação da precisão geométrica e alinhamento	Semestral																																
Revisão geral dos sistemas de segurança	Anual																																
Avaliação geral das condições estruturais do equipamento	Anual																																

Fonte: Autor, 2026

Embora os manuais dos fabricantes apresentem diversas atividades de inspeção e manutenção para os equipamentos analisados, optou-se por desenvolver um plano de manutenção preventiva simplificado e adaptado à realidade operacional do Laboratório de Usinagem da UFOB. Essa decisão foi tomada considerando a reduzida quantidade de equipamentos existentes, a disponibilidade limitada de recursos humanos e a necessidade de criar um procedimento de fácil aplicação pelo técnico responsável.

As atividades foram agrupadas de acordo com sua finalidade e periodicidade, priorizando os componentes e sistemas identificados como mais críticos durante o diagnóstico inicial. Dessa forma, foram estabelecidas rotinas de limpeza, lubrificação, inspeção de componentes mecânicos, verificação dos sistemas elétricos e dispositivos de segurança, além de avaliações periódicas da precisão geométrica dos equipamentos.

A simplificação do plano não compromete sua eficácia, uma vez que contempla os principais modos de falha observados no laboratório, permitindo a execução sistemática das atividades preventivas e a geração de registros históricos para acompanhamento do desempenho dos equipamentos. Além disso, a estrutura proposta facilita o controle das atividades por meio do sistema informatizado desenvolvido neste trabalho, contribuindo para a consolidação de uma cultura de manutenção preventiva no ambiente laboratorial.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo propor uma metodologia de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) para os equipamentos do Laboratório de Usinagem da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), Campus Bom Jesus da Lapa. A partir do diagnóstico realizado nos equipamentos e por meio de questionário, foram identificadas oportunidades de melhoria relacionadas ao registro das intervenções, ao controle das atividades de manutenção e à organização das informações dos equipamentos.

Os resultados obtidos evidenciaram a inexistência de um sistema formal para acompanhamento das falhas, intervenções realizadas, utilização dos equipamentos e controle de materiais. Embora algumas atividades preventivas fossem executadas pelo técnico responsável, verificou-se a ausência de documentação padronizada que permitisse criar um histórico confiável e fornecer informações para apoiar a tomada de decisão.

Com o intuito de solucionar essas deficiências, foram desenvolvidas ferramentas de gestão da manutenção, incluindo a codificação dos equipamentos, fichas de ordem de serviço, avisos de manutenção preventiva e requisições de materiais. Esses documentos foram elaborados de forma simples e adaptados à realidade do laboratório, possibilitando maior organização e rastreabilidade das atividades executadas.

Além disso, foi desenvolvido um sistema informatizado em Microsoft Excel para armazenamento e gerenciamento dos dados de manutenção. A ferramenta permite registrar informações sobre falhas, intervenções, custos, materiais utilizados e responsáveis pelas atividades, formando um banco de dados capaz de gerar histórico dos equipamentos e fornecer suporte ao cálculo de indicadores como MTBF e MTTR.

Também foi elaborado um plano de manutenção preventiva para os equipamentos analisados, contemplando atividades de inspeção, limpeza, lubrificação e verificação dos componentes críticos. A estrutura proposta busca reduzir a ocorrência de falhas, aumentar a disponibilidade dos equipamentos e proporcionar maior segurança durante sua operação, além de facilitar o planejamento das intervenções futuras.

De modo geral, a metodologia desenvolvida mostrou-se compatível com a realidade do laboratório, uma vez que utiliza ferramentas de baixo custo, fácil implementação e que podem ser incorporadas às rotinas já existentes. Sua aplicação contribui para a organização das atividades de manutenção e estabelece as bases para uma gestão mais eficiente dos ativos laboratoriais.

Por fim, conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados, sendo possível estruturar uma proposta de PCM adequada às necessidades do Laboratório de Usinagem da UFOB. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a implantação das ferramentas desenvolvidas e o acompanhamento dos indicadores de manutenção ao longo do tempo, permitindo avaliar os resultados obtidos e promover a melhoria contínua dos processos.

REFERÊNCIAS

- ABRAMAM - Documento nacional. **A situação da manutenção no Brasil**. 2019. <<https://abramanoficial.org.br/publicacoes/documento-nacional>>. Acesso em: 16 de junho de 2025.
- ALVARINHO, L. H. G. **Análise da implementação da Manutenção Produtiva Total em uma empresa do setor automotivo**. 2024. Dissertação (Mestra em Engenharia Mecânica) – Faculdade Estadual de Campinas, Limeira, 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- BATISTA, R. A. T. M.; RODRIGUES, L. B.; MATOS, C. J. V. Estudo da implantação do planejamento e controle de manutenção na empresa água química Ltda. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 5, n. 11, p. 90–101, 2014.
- BERGES, L. A.; LIMA, R. M. **Gestão da Manutenção: Conceitos, Planejamento e Controle**. São Paulo: Érica, 2011.
- BERTOLDO, J. M. **Elaboração do Plano de Manutenção da Área Mecânica**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica), Pato Branco, 2014. Instituição não informada.
- Blog Sebrae. **5W2H:: o que é, para que serve e por que usar na sua empresa?** 2025. <<https://www.sebrae-sc.com.br/blog/5w2h-o-que-e-para-que-serve-e-por-que-usar-na-sua-empresa>>. Acesso em: 12 de junho de 2025.
- CABRAL, J. S. **Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática...** [S.l.: s.n.], 2006.
- CASSANIGA, F. A. **Fácil Programação do Controle Numérico**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2001.
- COSTA, R. M. da; SACHETTO, J. P. Planejamento da manutenção preventiva em torno mecânico engrenado. **Ciência & Tecnologia**, v. 15, n. 1, p. e1519–e1519, 2023.
- DAYCHOUM, M. **40+ 20 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. [S.l.]: Brasport, 2018.
- Escola Estadual de Educação Profissional - Seduc CE. **Mecânica: usinagem com máquinas convencionais**. Fortaleza, 2012. Acesso em: 16 jun. 2025.
- EUROSTEC. **Máquinas Industriais - Máquinas Operatrizes**. 2025. <<https://eurostec.com.br>>. Acesso em: 11 junho de 2025.
- FILHO, G. B. **A organização, o planejamento eo controle da manutenção**. [S.l.]: Ciência Moderna, 2008.
- FOGLIATO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: GEN: LTC, 2009.

FREITAS, L. F. Elaboração de um plano de manutenção em uma pequena empresa do setor metal mecânico de juiz de fora com base nos conceitos da manutenção preventiva e preditiva. 2016.

Fátima. **Máquinas operatrizes::** A essência da indústria. 2025. <<https://www.usinagens.com.br/blog/categorias/artigos/m-aacute-quinas-operatrizes-a-ess-ecirc-ncia-da-ind-uacute-stria>>. Acesso em: 15 de junho de 2025.

GREGORIO, G. F. P.; SILVEIRA, A. M. d. **Manutenção Industrial**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

KARDEC, A. P.; NASCIF, J. d. A. X. **Manutenção: Função estratégica**. 3^a. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

KHAYAL, O. M. E. S. **Maintenance Management and Technology: Industrial maintenance**. 1^a. ed. Atbara, Sudan: [s.n.], 2024.

LABONE. **TPM -**: conheça os 10 objetivos da manutenção produtiva total. 2025. <<https://www.laboneconsultoria.com.br/tpm/>>. Acesso em: 10 de junho de 2025.

Mecânica industrial. **O que é fresadora**. 2025. <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/o-que-e-fresadora/>>. Acesso em: 16 de junho de 2025.

MOURA, A. L. **Gestão da Manutenção: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Atlas, 2014.

NASCIMENTO, A. T. I. d. **Plano de manutenção para o laboratório de usinagem**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

PACHECO, Y. C. K. G.; RIBEIRO, R. K. P.; CAVAGNAC, A. L. de O. Utilização da análise de modos de falhas e efeitos (fmea) como ferramenta de prevenção de acidentes em operações com usos de pontes rolantes. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 5, n. 4, p. 10–24, 2019.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de manutenção: teoria e prática**. [S.l.]: Editora Ciência Moderna, 2009.

RMLMáquinas. **Nomes das partes do torno mecânico e suas funcionalidades**. 2019. <<https://www.rmlmaquinas.com.br/usinagem-e-maquinas-operatrizes/nomes-das-partes-do-torno-mecanico-e-suas-funcionalidades>>. Acesso em: 16 de junho de 2025.

SILVA, S. O. da; FILHO, R. R. R. Torno cnc: evolução, características e importância para a usinagem. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 1, p. 313–326, 2022.

SOUZA, F. J. d. Melhoria do pilar "manutenção planejada" da tpm através da utilização do rcm para nortear as estratégias de manutenção. 2004.

TELES, F.; PEREIRA, V. N. C.; PEREIRA, G. S.; TELES, H. H. M.; ALMEIDA, M. das N.; NETO, H. C. A.; CASELLI, F. d. T. R. Obstáculos e benefícios da implantação da manutenção produtiva total (mpt): uma revisão de literatura. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 4, p. 6386–6399, 2023.

- TELES, J. Planejamento e controle de manutenção descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do pcm. **Brasília: Engeteles Editora**, 2019.
- VARELA, M. C. Aplicação de manutenção preventiva em torno mecânico. **Trabalho de graduação apresentado na disciplina de TCC**, v. 2, 2019.
- VIANA, H. R. G. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção**. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2002.
- VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção: Uma Abordagem Gerencial**. 3. ed. São Paulo: Qualitymark, 2014.
- XENOS, H. G. Gerenciando a manutenção produtiva. **Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial**, v. 171, 1998.