



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**

**ESCOLA DE MINAS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**JOÃO RODOLFO DE PAULA ASSUNÇÃO**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NOS INDICADORES DE  
MANUTENÇÃO, A PARTIR DAS TROCAS DE TELA DE UMA  
PENEIRA VIBRATÓRIA REDONDA INCLINADA: O CASO DE UMA  
INDÚSTRIA QUÍMICA**

**OURO PRETO - MG  
2025**

**JOÃO RODOLFO DE PAULA ASSUNÇÃO**

**joao.rodolfo@aluno.ufop.edu.br**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NOS INDICADORES DE  
MANUTENÇÃO, A PARTIR DAS TROCAS DE TELA DE UMA  
PENEIRA VIBRATÓRIA REDONDA INCLINADA: O CASO DE UMA  
INDÚSTRIA QUÍMICA**

Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Engenharia Mecânica  
da Universidade Federal de Ouro Preto  
como requisito para a obtenção do  
título de Engenheiro Mecânico.

**Professor orientador:** DSc. Washington Luís Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG  
2025**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A851a Assuncao, Joao Rodolfo de Paula.

Avaliacao dos impactos nos indicadores de manutencao a partir das trocas de tela de uma peneira vibratoria redonda inclinada o caso de uma industria quimica. [manuscrito] / Joao Rodolfo de Paula Assuncao. - 2025.

50 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Engenharia mecânica. 2. Máquinas - Manutencao - Indicadores. 3. Peças de máquinas - Indústria - Peneira Vibratória Redonda inclinada. I. Silva, Washington Luis Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**João Rodolfo de Paula Assunção**

### **Avaliação dos impactos nos indicadores de manutenção, a partir das trocas de tela de uma peneira vibratória redonda inclinada: o caso de uma indústria química**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 20 de Fevereiro de 2025

#### Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)  
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)  
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luís Vieira da Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/03/2025



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2025, às 11:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0880006** e o código CRC **F315013D**.

A Deus dedico mais esta etapa vencida, a minha mãe Elayne, as minhas tias e aos meus tios, agradeço por tudo que fizeram e ainda fazem por mim. À minha vó Maria das Mercês (*in memoriam*) e a minha irmã Flávia (*in memoriam*), agradeço por intercederem por mim daí de cima.

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, por ter me concedido fé e resiliência durante toda essa jornada.

À minha vó Maria das Mercês (*in memoriam*) e a minha irmã Flávia (*in memoriam*), agradeço por intercederem por mim daí de cima.

À minha mãe Elayne, por todo amor inigualável e apoio incondicional. As minhas tias Betânia, Êdda, Ellen, Janayna e Eglay, e aos meus tios Giubraz, Giumar e João, meu eterno agradecimento por tudo que fizeram e ainda fazem por mim. Sem vocês nada disso seria possível.

Às minhas primas Yasmim e Maria Clara e ao meu primo Éder, agradeço por todos os momentos de lazer compartilhados.

Ao meu orientador Washington, pelo incentivo e orientação neste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica agradeço por todo conhecimento compartilhado durante toda a graduação.

Aos colegas de curso por toda parceria durante todos esses anos.

À Escola de Minas, pela oportunidade e pela honra por fazer parte dessa história.

*“Irmão, você não percebeu que você é o único representante do seu sonho na face da Terra. Se isso não fizer você correr, chapa, eu não sei o que vai”.*

Emicida

## RESUMO

Este estudo avalia os impactos nos indicadores de manutenção a partir das trocas de tela de uma peneira vibratória redonda inclinada de uma indústria química. A escolha dessa peneira para o estudo se justifica pelo fato de que, entre as peneiras analisadas, ela foi a que apresentou a maior quantidade de trocas de telas, com um total de 20 ocorrências. Essa característica foi determinante para compreender a relação entre as trocas frequentes de tela e a eficiência operacional do equipamento, visando otimizar o planejamento de manutenção. Para tanto, foram calculados e analisados os indicadores de Disponibilidade Física (DF), Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e Tempo Médio Para Reparo (MTTR). Foram adotados métodos quantitativos, incluindo a coleta de dados mensais durante o ano de 2024, abrangendo a quantidade de trocas, horas disponíveis e horas paradas. A partir desses dados, foram realizados cálculos específicos e os resultados foram interpretados por meio de ferramentas analíticas. Os resultados mostram que, nos meses em que não houve troca de tela, a DF foi de 100%. O mês de abril apresentou a menor DF, com 61,11%, devido a 280 horas paradas. O MTBF reduziu-se para 110 horas nesse período, confirmando a maior frequência de falhas, e o MTTR atingiu 70 horas, destacando o impacto das intervenções no tempo de recuperação do equipamento. Conclui-se que o cálculo dos indicadores de manutenção é essencial para avaliar a eficiência das ações de manutenção, permitindo acompanhar a disponibilidade e confiabilidade do equipamento de forma mais eficaz.

**Palavras-chave:** manutenção, indicadores de manutenção, peneira vibratória redonda inclinada, confiabilidade, disponibilidade.

## ABSTRACT

*This study evaluates the impacts on maintenance indicators from the screen changes of a round inclined vibrating screen in a chemical industry. The choice of this sieve for the study is justified by the fact that, among the sieves analyzed, it was the one that presented the highest number of screen changes, with a total of 20 occurrences. This characteristic was decisive to understand the relationship between frequent screen changes and the operational efficiency of the equipment, aiming to optimize maintenance planning. For this purpose, the indicators of Physical Availability (PA), Mean Time Between Failures (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR) were calculated and analyzed. Quantitative methods were adopted, including the collection of monthly data during the year 2024, covering the number of changes, available hours, and stopped hours. From this data, specific calculations were performed and the results were interpreted using analytical tools. The results show that, in the months in which there was no change of screen, the PA was 100%. The month of April had the lowest Federal District, with 61.11%, due to 280 hours stopped. The MTBF was reduced to 110 hours in this period, confirming the higher frequency of failures, and the MTTR reached 70 hours, highlighting the impact of the interventions on the recovery time of the equipment. It is concluded that the calculation of maintenance indicators is essential to evaluate the efficiency of maintenance actions, allowing to monitor the availability and reliability of the equipment more effectively.*

**Keywords:** *maintenance, maintenance indicators, inclined round vibrating screen, reliability, availability.*

**LISTA DE SIMBOLOS**

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

MTBF – Tempo Médio entre Falhas

MTTR – Tempo Médio para Reparo

DF – Disponibilidade Física

O.S – Ordem de Serviço

TMPF – Tempo Médio para Falha

HH – Homens Hora

OM – Ordens de Manutenção

HD – Horas Disponíveis

NC – Número de Intervenções Corretivas

HIM – Horas de Indisponibilidade

HT – Horas Trabalhadas

HG – Horas Totais no Período

HMC – Horas de Manutenção em Corretiva

HMP – Horas de Manutenção Preventiva

IC – Índice de Corretiva

IP – Índice de Preventiva

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Curvas de <i>Backlog</i> . .....	18
Figura 2: Fluxograma das etapas para realização do trabalho. ....	23
Figura 3: Fluxograma do processo. ....	27
Figure 4: Produção de Alumina por país em 2022 e 2023 .....	29
Figura 5: Organograma do setor de manutenção. ....	30
Figura 6: Peneira Vibratória Redonda Inclinada. ....	32
Figura 7: Quantidade de trocas de telas por mês. ....	32
Figura 8: Disponibilidade física por mês. ....	42
Figura 9: MTBF por mês. ....	43
Figura 10: MTTR por mês. ....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores .....	25
Tabela 2 - Produção, consumo e balança comercial da alumina. ....	28
Tabela 3 - Indicadores de manutenção da Peneira Vibratória Redonda Inclinada. ....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Formulação do Problema .....	1
1.2	Justificativa .....	3
1.3	Objetivos .....	3
1.3.1	Geral.....	3
1.3.2	Específicos.....	3
1.4	Estrutura do Trabalho .....	4
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
2.1	Manutenção .....	6
2.2	Métodos de Manutenção .....	7
2.2.1	Manutenção Corretiva.....	7
2.2.2	Manutenção Preventiva.....	9
2.2.3	Manutenção Preditiva .....	10
2.2.4	Manutenção Detectiva.....	11
2.2.5	Manutenção Autônoma .....	11
2.2.6	Engenharia da Manutenção .....	12
2.3	Planejamento e Controle da Manutenção .....	12
2.4	Indicadores de Manutenção .....	14
2.4.1	MTBF – Tempo Médio Entre Falhas.....	15
2.4.2	MTTR – Tempo Médio Para Reparo.....	16
2.4.3	TMPF – Tempo Médio Para Falha .....	16
2.4.4	DF – Disponibilidade Física.....	16
2.4.5	<i>Backlog</i> .....	17
2.4.6	Índice de Retrabalho .....	18
2.4.7	Índice de Corretiva.....	19
2.4.8	Índice de Preventiva.....	19
2.4.9	Alocação de HH em OM.....	20
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
3.1	Tipo de Pesquisa.....	21
3.2	Materiais e Métodos .....	23
3.3	Variáveis e indicadores.....	24
3.4	Instrumentos de Coletas de Dados .....	25

3.5	Tabulação de Dados.....	25
3.6	Considerações Finais .....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
4.1	Caracterização da Empresa .....	27
4.2	Caracterização da Peneira Vibratória Redonda Inclinada .....	31
4.3	Seleção dos Indicadores.....	32
4.4	Cálculo dos Indicadores de Manutenção .....	33
4.5	Avaliação dos Impactos dos Indicadores de Manutenção na Peneira Vibratória Redonda Inclinada.....	42
4.5.1	Disponibilidade Física.....	42
4.5.2	MTBF – Tempo Médio Entre Falhas.....	43
4.5.3	MTTR – Tempo Médio Para Reparo .....	44
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>45</b>
5.1	Conclusão.....	45
5.2	Recomendações.....	46
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO .....</b>	<b>50</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

No cenário que se encontra o mundo globalizado e dinâmico, é notório que a competitividade exigida pelo mercado faz com que as empresas procurem constantemente não só melhoria de processos, mas também a redução de custos. Com base nessa perspectiva, percebe-se que a manutenção tem um destaque significativo como uma estratégia essencial, garantindo a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos.

Em termos formais, define-se como manutenção a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR5462-1994). Conseqüentemente, cabe a manutenção trabalhar de forma conjunta com os demais setores, tendo a sintonia de seus processos a fim de garantir sua competitividade.

Segundo Xenos (1998), as atividades de manutenção têm como intuito evitar a deterioração dos equipamentos e instalações, que o uso incorreto e desgaste natural causam. As degradações podem ser percebidas como decaimento de desempenho, paradas de produção, fabricação de produtos de baixa qualidade, poluição ambiental, entre outros. Seguindo a ideia de Xenos (1998), tais manifestações acabam impactando negativamente na qualidade e produtividade, colocando em risco a sobrevivência da empresa. Logo, se faz necessário realizar o gerenciamento da manutenção de forma concisa a fim de garantir melhores índices de produtividade, ocasionando em ganhos futuros.

Logo, uma atividade vital para a manutenção é o controle, pois não basta somente planejar e executar, é necessário haver o controle das atividades de manutenção. Esse conjunto de técnicas formam o PCM, ou Planejamento e Controle da Manutenção, que conforme Branco Filho *apud* Soares (2019, p.2), “é todo o conjunto de ações para preparar, programar, controlar e verificar o resultado da execução das atividades das funções de manutenção, com o intuito de progredir e melhorar, para atingir, ou até mesmo ultrapassar os objetivos da empresa”.

Dessa forma, para assegurar a qualidade da manutenção é viável avaliar seu desempenho diante de várias perspectivas com diferentes metas utilizando os Indicadores de Manutenção. Os Índices de Manutenção permitem uma gestão eficaz da manutenção, alinhada junto aos objetivos estratégicos da empresa (XAVIER, 2018).

Assim, os indicadores podem ser compreendidos como informações numéricas ou dados por natureza, que refletem fenômenos e eventos utilizados para medir um processo ou seus resultados (SILVEIRA, 2018). Os indicadores de performance mais utilizados são MTBF – Tempo Médio entre Falhas, o MTTR – Tempo Médio para Reparo, a Disponibilidade Física, dentre outros que podem ser adotados por diferentes empresas de acordo com suas perspectivas estratégicas.

A troca de telas em peneiras vibratórias redondas inclinadas representa um aspecto fundamental na avaliação dos impactos nos indicadores de manutenção dentro de uma indústria química. A frequência e a eficiência desse processo influenciam diretamente métricas como MTBF, MTTR e Disponibilidade Física, que são essenciais para medir a confiabilidade e a eficácia da manutenção. A substituição inadequada ou não planejada das telas pode gerar paradas inesperadas, aumentando o tempo médio para reparo e reduzindo a disponibilidade do equipamento. Diante desse cenário, compreender como essas trocas afetam os indicadores de manutenção é essencial para otimizar processos, reduzir custos e melhorar a performance operacional, justificando assim a importância do presente estudo.

Uma peneira vibratória redonda inclinada basicamente possui a função de separar algum material que realmente será utilizado de um outro que será descartado no processo. Ou seja, a vibração que ocorre na peneira faz com que o material caminhe até a superfície perfurada. Portanto, apenas as partículas maiores que o diâmetro dos furos permanecem, enquanto as menores são filtradas e descartadas. Em muitas circunstâncias, não é possível avaliar de forma adequada a situação geral da manutenção tendo como base somente um indicador quantitativo. Vários fatores podem influenciar na percepção da qualidade final da manutenção. Logo, para uma análise mais eficiente, se faz necessário considerar indicadores interligados de maneira mais aprofundada.

Diante desse contexto, o intuito do presente trabalho é avaliar os impactos nos indicadores de manutenção a partir das trocas de tela de uma peneira vibratória redonda inclinada de uma indústria química. Deste modo, têm-se a seguinte problemática:

**Como avaliar os impactos nos indicadores de manutenção a partir das trocas de tela de uma peneira vibratória redonda inclinada de uma indústria química?**

## **1.2 Justificativa**

Para garantir um controle adequado da manutenção, é fundamental não só criar, mas também gerenciar os indicadores. Para Teles (2018), os indicadores podem embasar a tomada de decisões além de possibilitar o desenvolvimento de estratégias. Tal qual em qualquer outro setor, a ausência dos índices de manutenção dificulta a avaliação dos impactos das decisões tomadas nessa área, fazendo com que não seja possível determinar qual teria sido a melhor alternativa.

Quando a escolha dos indicadores é feita de forma correta, é possível avaliar a qualidade dos processos de manutenção. Tal escolha fornece vantagens como a quantificação da eficiência, eficácia, efetividade, produtividade e qualidade das ações de manutenção, especialmente em relação ao ponto de vista do planejamento estratégico da empresa (SIQUEIRA, 2018).

Dessa maneira, diante do cenário em estudo a respeito das trocas de tela de uma peneira vibratória redonda inclinada de uma indústria química, os indicadores de manutenção desempenham um papel estratégico ao permitir uma gestão mais eficiente das intervenções necessárias. A mensuração adequada de métricas como MTBF e MTTR possibilita prever o momento ideal para a substituição das telas, reduzindo paradas não programadas e otimizando a disponibilidade do equipamento. Além disso, ao quantificar a eficiência das ações de manutenção, os indicadores auxiliam na identificação de possíveis melhorias no processo, garantindo maior controle sobre os custos operacionais e contribuindo para a tomada de decisões assertivas. Assim, a utilização desses índices se torna essencial para aumentar a vida útil das telas e a confiabilidade do sistema, refletindo diretamente na produtividade da empresa.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Geral**

Avaliar os impactos nos indicadores de manutenção, a partir das trocas de tela de uma peneira vibratória redonda inclinada de uma indústria química.

### **1.3.2 Específicos**

- Realizar um estudo teórico sobre: Manutenção, métodos de manutenção, Planejamento e Controle da Manutenção e indicadores de manutenção;

- Elaborar um procedimento metodológico para selecionar os indicadores de manutenção aplicáveis ao caso;
- Calcular os indicadores de manutenção DF, MTBF e MTTR para a peneira vibratória redonda inclinada selecionada;
- Verificar os impactos dos indicadores de manutenção aplicados para o objeto de estudo.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, na qual são abordados a formulação do problema, a justificativa para a pesquisa e os objetivos geral e específicos do estudo. A necessidade de avaliar os impactos das trocas de tela de uma peneira vibratória redonda inclinada nos indicadores de manutenção é discutida, destacando a relevância do tema para a eficiência operacional da indústria química em questão.

O segundo capítulo compreende a revisão bibliográfica, onde são apresentados os conceitos fundamentais relacionados à manutenção, seus métodos e técnicas. São abordados os principais indicadores de manutenção, incluindo Disponibilidade Física (DF), Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e Tempo Médio Para Reparo (MTTR). Além disso, são discutidas as abordagens de planejamento e controle da manutenção, fundamentais para a gestão eficaz dos equipamentos industriais.

O terceiro capítulo é dedicado à metodologia empregada no estudo. Neste capítulo, são detalhados o tipo de pesquisa, os materiais e métodos utilizados, as variáveis e indicadores selecionados, os instrumentos de coleta de dados, bem como o processo de tabulação dos dados. O estudo caracteriza-se como um estudo de caso, combinando métodos quantitativos e qualitativos para avaliar os impactos das trocas de tela da peneira vibratória redonda inclinada. A metodologia garante a transparência e a replicabilidade da pesquisa.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia. São caracterizados a empresa e o equipamento em estudo, sendo descritos os resultados da análise dos indicadores de manutenção calculados, como DF, MTBF e MTTR, e a avaliação dos impactos das trocas de telas na peneira vibratória redonda inclinada. Os dados são discutidos com base na literatura e nos objetivos estabelecidos, permitindo uma interpretação detalhada dos impactos gerados.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões e recomendações do estudo. São sintetizados os principais resultados da pesquisa, destacando os efeitos das trocas de tela nos indicadores de manutenção e as possíveis estratégias para otimizar a disponibilidade e confiabilidade do equipamento. As recomendações visam orientar estudos futuros e aprimorar a prática da manutenção na indústria química.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Manutenção

De acordo com Viana (2002), esse termo deriva-se do latim *manus tenere*, que quando traduzido para a língua portuguesa significa manter o que se têm. Em outras palavras, manter significa realizar todas as ações necessárias para garantir que um equipamento continue operando conforme projetado, atendendo ao nível de desempenho esperado. Para Branco Filho (2008), a manutenção utiliza de recursos e técnicas para não só detectar os defeitos, mas também corrigi-los. Ainda segundo Branco Filho (2008) define-se por um conjunto de ações que possui como intuito principal garantir o funcionamento contínuo das máquinas, tendo em vista que caso as falhas venham a ocorrer, toda linha de produção industrial poderá ser comprometida.

Para Xenos (1998), de uma maneira mais restrita, as ações de manutenção se limitam a restaurar um equipamento às suas condições originais. O mesmo autor aborda em uma perspectiva mais abrangente, que essas atividades também devem incluir a modificação das condições originais, introduzindo melhorias para prevenir falhas, reduzir custos e aumentar a produtividade. Com base nessas definições, evidencia-se a importância de aumentar a disponibilidade dos equipamentos, o que exige um bom planejamento de manutenção.

Tavares (1998) destaca que a manutenção é essencial para o processo produtivo de qualquer organização. Sua função consiste em disponibilizar recursos para garantir uma relação eficiente entre operação e produção, permitindo a manutenção de sistemas e equipamentos em boas condições de funcionamento. Com isso, é possível evitar desgaste e deterioração causados por falhas humanas e desgaste natural.

Segundo Almeida (2018; p. 15), manutenção é definida como “conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”.

Já para Kardec e Nascif (2019, p.33), a manutenção possui o propósito de “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado”.

De acordo com Kardec e Nacisf (2009), a manutenção desempenha um papel crucial, pois, para cumprir sua missão, ela deve funcionar como um elo de conexão entre as atividades

dos subsistemas de engenharia, suprimentos, inspeção de equipamentos, entre outros, visando atender o cliente interno, que é a operação.

## **2.2 Métodos de Manutenção**

Sabe-se que existem inúmeras classificações de métodos de manutenção de acordo com diferentes autores. Dessa forma, essa grande variação relaciona-se diretamente ao momento em que a intervenção é realizada no sistema, sua periodicidade e planejamento. Para Teles (2018) existem quatro tipos de manutenção: Manutenção Corretiva Planejada, Manutenção Corretiva não Planejada, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva. De acordo com Xenos (1998), os métodos de manutenção são: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva e Manutenção Autônoma. Já para Kardec e Nacisf (2009), existem a Manutenção Corretiva Planejada, a Manutenção Corretiva não Planejada, a Manutenção Preventiva, a Manutenção Preditiva, a Manutenção Detectiva e a Engenharia de Manutenção. Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva e Manutenção Autônoma.

### **2.2.1 Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva ocorre após a falha. Essencialmente, envolve a troca, substituição ou outros procedimentos realizados depois que a falha já aconteceu no equipamento. Segundo Slack *et al.* (2002, p. 625) a manutenção corretiva “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido”. De acordo com a NBR 5462 (1994, p. 7) manutenção corretiva é definida como “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Portanto, consiste em recolocar o equipamento em condições de operação após uma falha do mesmo em operação.

Conforme Viana (2002), a manutenção corretiva é aquela que ocorre após a detecção de uma falha em um equipamento. Essa intervenção é realizada de forma imediata para minimizar perdas e evitar acidentes que possam afetar os trabalhadores e o meio ambiente. Almeida (2018) também destaca que a finalidade da manutenção corretiva é atender prontamente à produção, à máquina ou ao equipamento que parou.

Para Xenos (2014, p.24), “a opção por esse método deve levar em conta fatores econômicos: é mais barato consertar uma falha do que tomar ações preventivas? Se for, a manutenção corretiva é uma boa opção.”

Como citado anteriormente alguns autores fazem uma subdivisão da manutenção corretiva em manutenção corretiva planejada e manutenção corretiva não planejada. A principal diferença entre esses dois métodos de manutenção está relacionada à falha funcional. Na manutenção corretiva programada, a falha potencial é identificada quando o equipamento começa a apresentar anomalias ou sinais de que uma parada inesperada pode ocorrer. Nesse caso, a falha funcional ainda não se concretizou (ou seja, o equipamento ainda não parou de operar), permitindo um curto período para planejar e preparar a intervenção.

A manutenção corretiva planejada é realizada de forma estruturada, especialmente quando as máquinas começam a mostrar sinais de baixo desempenho. De acordo com Kardec e Nascif (2009, p. 41), o conceito de manutenção corretiva planejada é a “correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial”.

Segundo Pinto e Xavier (1999), a Manutenção Corretiva planejada é a correção de falhas ou do desempenho abaixo do esperado. Isso pode acontecer com base em monitoramento preditivo ou pela escolha de operar o equipamento até que ocorra uma falha. A eficácia dessa manutenção depende da qualidade das informações obtidas no acompanhamento do equipamento.

Souza (2009) explica que a manutenção corretiva planejada é realizada após a identificação de uma anomalia ou falha em um componente. Essa falha pode ter sido detectada durante uma inspeção ou no decorrer da operação regular do equipamento.

A manutenção não planejada ocorre somente após a confirmação de uma falha ou quebra inesperada. Para Pinto e Xavier (1999), a Manutenção Corretiva não planejada é aquela em que se atua logo após o fato ter ocorrido, como uma falha ou desempenho abaixo do esperado, não havendo tempo para uma preparação prévia. Nesse tipo de manutenção, os custos tendem a ser elevados, isso porque acaba resultando em perda de produção e maior dano aos equipamentos. Teles (2018) destaca que esse método de manutenção é considerado o mais caro, pois é exigido mais tempo de retorno da fábrica para operação, e demanda um período maior para ser executado.

Kardec e Nacisf (2009, p. 39) caracterizam essa forma de manutenção corretiva como: “atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor do

que o esperado. Não há tempo para preparação do serviço”. Também pode ser denominada como Manutenção Emergencial (KARDEC E NACISF, 2009).

### **2.2.2 Manutenção Preventiva**

A NBR 5462 (1994, p. 7) conceitua manutenção preventiva como aquela “efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um item.” Segundo Almeida (2018, p 17), “manutenção preventiva é a manutenção planejada e controlada, realizada em datas pré-determinadas, de modo a manter a máquina ou o equipamento em certas condições de funcionamento e conservação, evitando paradas imprevistas.”

Para Xenos (1998), a manutenção preventiva é a principal atividade de qualquer empresa, pois quando é feita de forma periódica e bem estruturada, esse método trabalha com tarefas sistemáticas, como as inspeções, reformas e trocas de peças. Uma vez implementada, a manutenção preventiva deve ser considerada obrigatória. Conforme Pinto e Xavier (2001), esse tipo de manutenção pretende evitar que a falha aconteça a partir da programação de intervenções com base em intervalos de tempo pré-definidos.

Kardec e Nascif (2010) ao debaterem sobre manutenção preventiva afirmam que essa prática é realizada de forma a reduzir ou evitar a falha, anomalias ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em periodicidades bem definidas. Viana (2002) a classifica como todo serviço de manutenção realizado em maquinário que esteja operando corretamente, sem falhas, em estado de zero defeito.

Souza (2009) destaca que a manutenção preventiva deve ser planejada e prevista. Qualquer imprevisto deverá ser considerado uma ação corretiva, mirando uma melhora em um novo plano de manutenção preventiva. Deve-se também identificar o verdadeiro sintoma, sua causa e a ação necessária para abolir a causa da falha.

De acordo Xenos (1998), quando comparada com a manutenção corretiva no ponto de vista de custos, a manutenção preventiva é mais custosa, contudo, se torna economicamente viável e interessante por atenuar a frequência de falhas e paradas não programadas dos equipamentos, resultando em um custo global menor.

Segundo Teles (2019, p. 37), “a manutenção preventiva custa em média 3 vezes mais do que a manutenção preditiva e é aplicada em 11% dos equipamentos”. Ou seja, no restante dos equipamentos dentro da fábrica esse método de manutenção acaba não sendo eficiente, pois a

taxa de falha não está relacionada ao tempo de vida dos equipamentos, mas sim as condições de operação.

Almeida (2018) argumenta que, além de proporcionar benefícios financeiros, a manutenção preventiva promove uma melhor distribuição dos recursos humanos, diminui o tempo de espera para obtenção e substituição de peças, aumenta a confiabilidade do processo produtivo e, como resultado, eleva a satisfação dos clientes.

### **2.2.3 Manutenção Preditiva**

A NBR 5462 (1994, p. 7), define a manutenção preditiva como a “manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”.

De acordo com Tavares (2000), o controle preditivo de manutenção baseia-se em identificar o momento ideal para realizar a manutenção preventiva de um equipamento. Esse momento é determinado quando a probabilidade de falha do equipamento atinge um nível inaceitável. Ao definir essa métrica, é possível alcançar índices ótimos de prevenção de falhas, levando em conta a economia, pois a intervenção é realizada nem antes do equipamento estar apto a operar, nem depois de suas características funcionais estarem comprometidas.

Conforme destacado por Xenos (2014), a manutenção preditiva possibilita melhorar a eficiência na substituição de peças ou na recuperação de componentes. Além disso, ela amplia os intervalos entre manutenções ao permitir a antecipação de quando uma peça ou componente está próximo de atingir o fim de sua vida útil. Para Viana (2002, p. 11) a manutenção preditiva, são “tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentam prever a proximidade da ocorrência da falha”.

Siqueira (2005) destaca que a manutenção preditiva envolve a realização de inspeções programadas que tenham o intuito de identificar possíveis falhas em um equipamento. Em outras palavras, trata-se de prever falhas monitorando as variáveis do processo que refletem a condição atual do equipamento.

Kardec e Nascif (2010) definem a manutenção preditiva como uma intervenção baseada na alteração de parâmetros de condição ou desempenho, seguindo um acompanhamento sistemático. Os autores também destacam que, por meio de técnicas preditivas, é possível

monitorar a condição dos equipamentos e, quando necessário, é realizado por meio de uma manutenção corretiva planejada.

Moubray (1997) descreve a manutenção preditiva como uma prática que permite antever a deterioração do equipamento, prevenindo falhas por meio do monitoramento dos principais parâmetros enquanto o equipamento está em operação. Essa abordagem pode ser vista como a realização da manutenção no momento mais oportuno, antes que ocorra uma falha, com o intuito de evitar a falha funcional ou mitigar suas consequências.

#### **2.2.4 Manutenção Detectiva**

Kardec e Nacisf (2009, p. 47) define a manutenção detectiva como “a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção”.

Souza (2008) associa a nomenclatura desse tipo de manutenção ao conceito de detecção e esclarece que seu principal objetivo é aumentar a confiabilidade dos equipamentos. Essa modalidade de manutenção se destaca pelo investimento em sistemas de proteção voltados para identificar falhas ocultas, as quais não são detectadas pela equipe de operação.

#### **2.2.5 Manutenção Autônoma**

Para Xenos (1998), a manutenção autônoma é uma estratégia prática que envolve os operadores dos equipamentos em tarefas diárias de manutenção, como inspeção, limpeza e lubrificação. Seu principal objetivo é prevenir a deterioração dos equipamentos, identificando e corrigindo anomalias em estágio inicial, antes que resultem em falhas. Além disso, busca motivar os operadores a detectarem e relatarem rapidamente qualquer anormalidade, permitindo que eles ou a equipe de manutenção intervenham antes que ocorram falhas. Essa abordagem faz parte das ações preventivas de manutenção.

Viana (2002) destaca que quando há planejamento e organização para a execução de tarefas pelos operadores, a manutenção se torna uma prática ativa e integrada ao sistema produtivo. Por essa razão, ela é identificada como um tipo de manutenção que exerce um papel crucial na definição da estratégia de manutenção adotada pela empresa. Ou seja, na manutenção autônoma, os operadores tomam a ideia de "Eu cuido da minha máquina", realizando desde tarefas simples, como limpeza e lubrificação, até serviços mais complexos de análise e melhoria dos equipamentos.

### **2.2.6 Engenharia da Manutenção**

De acordo com Viana (2002), a engenharia de manutenção tem como finalidade estimular o avanço tecnológico, aplicando conhecimentos científicos para resolver problemas nos processos e equipamentos. Essa abordagem visa constantemente não só melhorar a manutenibilidade das máquinas, mas também aumentar a produtividade e eliminar completamente os riscos relacionados à segurança do trabalho e ao meio ambiente. Viana (2002) descreve as atribuições da engenharia como uma busca constante por melhorias, onde a área deve ser capaz de identificar oportunidades não evidentes e implementar projetos práticos para alcançar os objetivos estabelecidos.

Kremer e Kovaleski (2008) afirmam que a engenharia de manutenção se destaca por buscar soluções para problemas recorrentes que prejudicam o desempenho de máquinas e equipamentos. Isso é feito por meio de intervenções técnicas e alterações nos padrões e sistemáticas ineficazes. Para implementar a engenharia de manutenção, se faz necessário uma mudança significativa na cultura da organização.

Conforme Kardec e Nascif (2009), a Engenharia de Manutenção envolve a aplicação de técnicas modernas para atingir *benchmarks* que aumentem a confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade dos equipamentos. Assim, é requerido a eliminação de problemas tecnológicos, a melhoria na gestão da mão de obra, o desenvolvimento de novos projetos para otimizar as atividades, a realização de estudos e análises de falhas, além do monitoramento de indicadores por meio de documentação técnica.

### **2.3 Planejamento e Controle da Manutenção**

Viana (2002, p.19) define PCM como “uma atividade processual, que visa coordenar de forma eficiente todos os recursos envolvidos na manutenção, de forma a atender as suas principais demandas; manter o perfeito funcionamento da maquinaria e buscar sempre a melhoria dos processos”. O planejamento e controle da manutenção (PCM) envolve a coordenação de todos os processos que interagem na manutenção, utilizando mecanismos de identificação e controle que possibilitem a identificação e avaliação das variáveis associadas aos serviços realizados (PINTO; XAVIER, 2012).

Com base na definição fundamental apresentada por Branco Filho (2008), o conjunto de planejamento e controle da manutenção é compreendido como uma série de ações destinadas a assegurar os interesses produtivos de uma empresa por meio da verificação e análise das

atividades de manutenção. Branco Filho (2008) destaca que O PCM reforça o ciclo de gestão da manutenção em uma organização ao implementar as seguintes atividades: fornecer suporte à gerência na programação e controle; gerenciar as operações de manutenção; atuar como mediador entre os setores de manutenção e produção; revisar e coordenar as programações, planos e instruções de manutenção; realizar avaliações para identificar pontos de perda de produtividade e, com base nessas análises, propor sugestões; definir de forma detalhada as responsabilidades, entre outras ações.

Para Dorigo (2013), o Planejamento e Controle da Manutenção envolve as atividades de manutenção focadas no cumprimento das metas, com destaque para o planejamento, a provisão de materiais e peças de reposição, além da programação e controle dos serviços. Dorigo (2013) afirma que a essência do Planejamento e Controle da Manutenção está em contribuir para a garantia da confiabilidade e disponibilidade dos ativos, bem como na otimização dos recursos de manutenção.

Conforme Teles (2019), o setor de Planejamento e Controle da Manutenção é considerado um dos pilares essenciais para as indústrias em geral, sendo responsável por não só gerenciar, mas também supervisionar todas as atividades pertinentes à manutenção. Este setor é encarregado de tratar diversas informações, como custos de manutenção, mão de obra envolvida, falhas nos equipamentos, gestão das demandas do setor e a disponibilidade dos equipamentos.

Sobre o PCM - Planejamento e Controle da Manutenção, Souza (2008, p.141) define: “um conjunto estratégico de ações para preparar, programar, controlar e verificar o resultado da execução das atividades da função manutenção contravalores preestabelecidos e adotar medidas de correções de desvios para a consecução das metas e objetivos da produção, conseqüentemente da missão da empresa”.

De um modo geral, pode-se dizer que o PCM é, em essência, a implementação de todas as ferramentas de gestão, como planos e métodos de manutenção. Logo, cabe ao PCM a responsabilidade de analisar e definir a criticidade dos equipamentos, realizar a análise de falhas, elaborar os planos de manutenção, e emitir e distribuir Ordens de Serviço (O.S.) para os responsáveis pela manutenção. Em outras palavras, o PCM define estratégias de manutenção a serem seguidas pelo setor, a fim de otimizar os processos (OLIVEIRA, 2014).

## 2.4 Indicadores de Manutenção

Indicadores de desempenho, ou índices de manutenção conforme Viana (2002) os descreve, como conjuntos de dados destinados a oferecer informações sobre o estado das máquinas. Esses indicadores ajudam a monitorar questões relacionadas à manutenção e a realizar inspeções diárias dos ativos.

De acordo com Tadachi e Flores (1997), os indicadores são classificados como meios que quantificam as características de produtos e processos. As organizações utilizam esses indicadores com o propósito de monitorar e aprimorar a qualidade e o desempenho de seus produtos ao longo do tempo.

Os aspectos relevantes do processo precisam ser analisados através dos indicadores de manutenção, ou seja, esses indicadores devem refletir a condição dos principais pontos no processo da planta. É crucial selecionar indicadores que realmente agreguem valor, evitando assim o desperdício de recursos com aqueles que têm pouca ou nenhuma relevância (VIANA, 2002).

Para Robles (2013), um indicador é apresentado como um parâmetro numérico que auxilia na compreensão de um aspecto específico da organização. A gestão desses indicadores é fundamental para orientar as ações de um grupo, departamento ou empresa. Para serem eficazes, os indicadores precisam ser em número reduzido, claros, mensuráveis e capazes de proporcionar uma rápida compreensão do estado de um processo e das razões por trás dos resultados obtidos.

Viana (2021, p.25) afirma que: “a medição do desempenho é um requisito fundamental para as empresas. Assim como em outras funções de fabricação, a avaliação é importante no gerenciamento da função manutenção. Os “Indicadores de Manutenção” normalmente são utilizados para aferir o sucesso no desempenho de um equipamento ou processo mantenedor”.

Viana (2002) destaca alguns indicadores que são importantes para a manutenção, são eles:

- MTBF – *Mean Time Between Failures* – Tempo Médio Entre Falhas;
- MTTR – *Mean Time to Repair* – Tempo Médio de Reparo;
- TMPF – Tempo Médio para Falha;
- Disponibilidade Física da Maquinária;

- Custo de Manutenção por Faturamento;
- Custo de Manutenção por Valor de Reposição;
- *Backlog*;
- Índice de Retrabalho;
- Índice de Corretiva;
- Índice de Preventiva;
- Alocação de HH em OM;
- Treinamento na Manutenção;
- Taxa de Frequência de Acidentes;
- Taxa de Gravidade de Acidentes.

Para fins de explicação, foram selecionados alguns indicadores. Os indicadores de manutenção escolhidos foram:

#### **2.4.1 MTBF – Tempo Médio Entre Falhas**

Segundo Viana (2002, p. 142) o tempo médio entre falhas “é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para operação (HD), pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período (NC)”, conforme a equação 1:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad (1)$$

O indicador MTBF expressa, em unidades de tempo, a frequência das ações de manutenção realizadas dentro de um período específico (MARTINS, 2012). Para Viana (2002), a utilidade desse índice é monitorar como o componente se comporta em resposta às ações de manutenção. Um valor elevado de MTBF é muito favorável, pois sugere que há poucas intervenções corretivas necessárias.

### 2.4.2 MTTR – Tempo Médio Para Reparo

De acordo com Viana (2002, p.142) o tempo médio de reparo “é dado como sendo a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção (HIM) pelo número de intervenções corretivas no período (NC)”. A equação 2 descreve esse indicador:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad (2)$$

Esse indicador tem como intuito principal aferir a eficácia em restaurar o ativo à sua função desejada, considerando que ele se encontra fora de operação devido a uma falha ou pane (BIASOTTO, 2006). Conforme Viana (2002), é possível notar que, ao longo do tempo, quanto menor for o MTTR, melhor será o desempenho da manutenção, já que as intervenções corretivas terão um impacto cada vez menor na produção.

### 2.4.3 TMPF – Tempo Médio Para Falha

Segundo Vaccaro (1977), o Tempo Médio para Falha é entendido como o tempo médio em que um ativo permanece em operação antes de falhar, sendo geralmente aplicado a produtos que não podem ser reparados. Viana (2002) retrata que nesse tipo de situação, o MTTR desses ativos é igual a zero. A equação 3 a seguir caracteriza esse índice:

$$TPMF = \frac{HD}{N^{\circ}de Falhas} \quad (3)$$

A equação 3 se dá por meio da divisão entre o total de horas disponíveis do equipamento para operação (HD) pelo número de falhas detectadas em componentes não reparáveis. É importante destacar que há uma distinção entre TMPF e MTBF, devido ao fato de que o primeiro indicador considera falhas em equipamentos não reparáveis, enquanto o segundo tem como base componentes que podem ser reformáveis (VIANA, 2002). Kardec e Nacisf (2009) cita as lâmpadas como equipamentos a ser adotado como exemplo para essa situação.

### 2.4.4 DF – Disponibilidade Física

A NBR 5462 (1994, p. 2) refere-se à disponibilidade como “a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função durante um intervalo de tempo determinado.” Para Teles (2020) a disponibilidade é caracterizada como a porcentagem de tempo durante a qual um equipamento esteve operando conforme sua função requerida.

De acordo com Kardec e Nacisf (2009), disponibilidade é a capacidade de um item estar apto para realizar uma determinada função em um momento ou período específico, considerando os aspectos combinados de Confiabilidade, Manutenibilidade e suporte de manutenção, presumindo que os recursos externos necessários estejam garantidos.

Viana (2002, p.144) destaca que esse índice de manutenção “representa o percentual de dedicação para operação de um equipamento, ou de uma planta, em relação às horas totais do período”. Ou seja, é a relação entre horas trabalhadas (HT) e as horas totais no período (HG). A equação 4 demonstra essa relação:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% \quad (4)$$

Para Viana (2002), a DF é um dos indicadores mais relevantes, pois representa o principal resultado da manutenção. Além disso, a Disponibilidade pode ser usada para identificar os equipamentos problemáticos, aqueles que reduzem a DF da planta.

#### 2.4.5 *Backlog*

Azevedo (2016) descreve o *Backlog* como a quantidade de mão de obra, em horas/homem, necessária para executar todas as manutenções previstas em um determinado período. Viana (2002, p.150) apresenta o *Backlog* como a “relação entre a demanda de serviços e a capacidade de atendê-los”. A equação 5 define esse indicador da manutenção:

$$Backlog = \frac{\sum HH \text{ em Carteira}}{\sum HH \text{ em Instalado}} \quad (5)$$

Para o cálculo, é importante considerar a perda de horas/homem (HH), já que nenhum profissional se dedica integralmente aos serviços de manutenção. Viana (2002) sugere que essa perda pode ser estimada em 20%.

Segundo Viana *apud* Tavares (2002), é de extrema importância compreender o gráfico de *Backlog* para ter uma boa decisão gerencial. Em suma, têm-se seis tipos de curvas de valores de *Backlog*. A figura 1 demonstra essas variações:

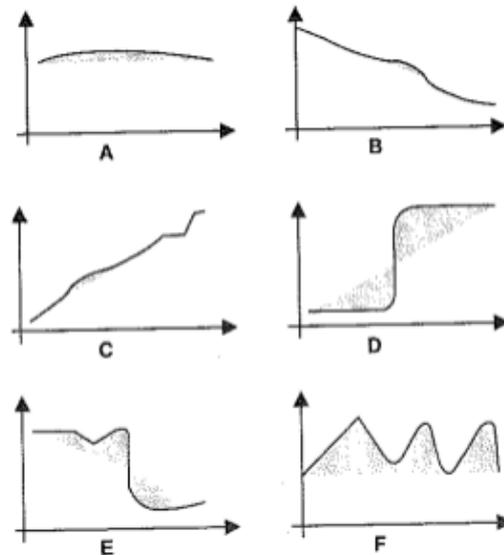


Figura 1: Curvas de *Backlog*.  
Fonte: Viana (2002).

De acordo com Viana (2002), ao considerar o eixo vertical como os valores de *Backlog* e o eixo horizontal como os meses do ano, podem ser realizadas as seguintes observações:

- **Curva A:** Estável, exigindo uma análise para determinar se o valor está em um nível aceitável para a tomada de decisões;
- **Curva B:** Diminuição na demanda de serviços, o que pode resultar em pessoal ocioso devido à redução de trabalho;
- **Curva C:** Tendência de aumento constante no *Backlog*, o que pode levar a problemas como baixa qualidade na manutenção;
- **Curva D:** Aumento repentino, que pode ocorrer devido a manutenções corretivas com tempos de execução muito elevados;
- **Curva E:** Queda repentina, possivelmente causada por contratação de serviços externos, mobilização interna para redução do *Backlog*, entre outros fatores;
- **Curva F:** Característica das curvas em dente de serra, indica um descontrole do processo, sugerindo problemas no PCM (Planejamento e Controle da Manutenção).

#### 2.4.6 Índice de Retrabalho

Segundo Viana (2002, p.153), o índice de retrabalho “representa o percentual de horas trabalhadas em Ordens de Manutenção encerradas, reabertas por qualquer motivo, em relação ao total geral trabalhado no período”. A expressão 6 demonstra esse indicador:

$$\text{Índice de Retrabalho} = \frac{\sum HH \text{ em OM abertas}}{\sum HH \text{ total no período}} \times 100\% \quad (6)$$

O intuito de monitorar esse indicador é avaliar a qualidade dos serviços de manutenção, verificando se as intervenções são permanentes ou apenas paliativas, levando a frequentes retornos ao equipamento. O ideal é que o valor do índice seja zero, ou seja, que após a intervenção de manutenção, não ocorra outra falha com a mesma causa da primeira Ordem de Manutenção (VIANA, 2002).

#### 2.4.7 Índice de Corretiva

Conforme Viana (2002), o índice de corretiva tem como propósito fornecer uma visão precisa da situação em termos de ação, planejamento e programação, indicando a porcentagem de horas de manutenção dedicadas a intervenções corretivas. A classificação da "Ordem de Manutenção" será feita de acordo com o tipo de manutenção: corretiva, preventiva ou preditiva. A equação 7 representa esse indicador, no qual HMC representa horas de manutenção em corretiva e HMP significa horas de manutenção preventiva:

$$\text{Índice de Corretiva} = \frac{\sum HMC}{\sum HMC + \sum HMP} \times 100\% \quad (7)$$

Para Viana (2002), um nível aceitável de manutenção corretiva deve ser inferior a 25% do total de horas de manutenção na planta. Um índice de corretiva superior a 50% sugere um cenário caótico, onde o planejamento e controle da manutenção (PCM) são prejudicados, levando a um acúmulo de trabalho, aumento de custos e baixa disponibilidade dos equipamentos. Em resumo, um índice elevado de corretiva indica uma gestão de manutenção ineficiente, resultando em vários problemas interligados.

#### 2.4.8 Índice de Preventiva

Viana (2002), define o índice de preventiva como o oposto do índice de corretiva. Se o índice de corretiva (IC) é 30%, então o índice de preventiva (IP) será 70%. Quanto maior o valor do IP, melhor para a manutenção. Embora não atinja 100%, valores acima de 75% indicam um processo bem controlado, com uma rotina definida e recursos liberados para buscar melhorias contínuas. Em outras palavras, quanto maior for esse índice, maior também será a Disponibilidade, e menor será o MTBF. A expressão que define o índice de preventiva é dada pela equação 8 no qual HMP representa horas de manutenção preventiva e HMC que significa horas de manutenção em corretiva:

$$\text{Índice de Preventiva} = \frac{\sum HMP}{\sum HMC + \sum HMP} \times 100\% \quad (8)$$

#### 2.4.9 Alocação de HH em OM

Segundo Viana (2002), o indicador de Homens Hora alocado em Ordens de Manutenção revela o percentual de horas registradas no sistema de manutenção da empresa. Ele é necessário para verificar o uso do sistema, indicar a dedicação a serviços indiretos e avaliar a ociosidade ou sobrecarga das equipes. A equação 9 diz que:

$$\% HH Alocado em OM = \frac{\sum HH Indicado em OM}{\sum HH Instalado em um Mês} \times 100\% \quad (9)$$

Este capítulo apresentou os fundamentos teóricos que sustentam esta pesquisa, destacando os principais conceitos e equações aplicados. Com base nessas informações, o próximo capítulo detalha a metodologia adotada para a realização do estudo.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia empregada na condução e desenvolvimento do estudo. Nele, são abordados a classificação da pesquisa, os materiais e métodos utilizados, as variáveis e indicadores utilizadas, o instrumento de coleta de dados, a organização desses dados e algumas considerações finais essenciais.

Segundo Assis (2018, p.24), a metodologia “consiste na explicação minuciosa, detalhada, rigorosa e exata de toda a ação desenvolvida e de tudo aquilo que se utilizou no trabalho de pesquisa”. Logo, este capítulo visa expor a metodologia utilizada na elaboração desta pesquisa.

#### 3.1 Tipo de Pesquisa

Gil (2002, p. 17) define pesquisa como “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. Já para Lakatos & Marconi (2003, p. 155) pesquisa é “um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais”. Além disso, Rúdio (1999) aborda que a pesquisa nada mais é do que um conjunto de atividades orientadas para a busca de um determinado conhecimento. Dessa forma, esse estudo se encaixa na definição de procedimento formal, pois segue um método rigoroso e estruturado, embasado em conceitos científicos e processos de análise bem definidos, diferenciando-se de pesquisas mais exploratórias ou baseadas em deduções lógicas sem tratamento empírico aprofundado.

Segundo Stakeapud Creswell (2010), as pesquisas podem ser classificadas como quantitativa, qualitativa ou a combinação entre as duas.

De acordo com Silva (2004), a pesquisa qualitativa é adequada para aqueles que buscam compreender fenômenos específicos e complexos, por meio de descrições, interpretações e comparações, sem focar em aspectos numéricos. Em outras palavras, a pesquisa qualitativa envolve maior participação, mas é menos controlável, o que tem gerado questionamentos sobre sua validade e confiabilidade.

Por outro lado, a pesquisa quantitativa conforme Silva e Menezes (2001), lida com variáveis expressas em dados numéricos e utiliza métodos e técnicas estatísticas para classificá-los e analisá-los. Devido à sua maior precisão e confiabilidade, os estudos quantitativos são

mais recomendados para o planejamento de ações coletivas, uma vez que seus resultados podem ser generalizados.

Dessa forma, devido à natureza desta pesquisa, que inclui a coleta e análise de dados, adota-se um método que combina abordagens quantitativa e qualitativa. Assim, é possível obter tanto resultados numéricos a partir da análise das amostras de dados quanto avaliar a situação da manutenção, possibilitando a identificação de áreas para melhorias.

A pesquisa científica pode ser classificada ainda segundo seu objetivo. Nesse sentido, Gil (2002) destaca que há três tipos de classificação de uma pesquisa quanto aos seus objetivos, sendo elas: exploratória, descritiva e experimental.

Lakatos e Marconi (2003) afirmam que as pesquisas exploratórias têm como objetivo a formulação de problemas, tornando-os mais compreensíveis e permitindo o desenvolvimento de hipóteses, além de esclarecer conceitos. Com base nessa definição, esta pesquisa pode ser considerada exploratória, pois investiga uma questão-problema por meio da análise de um estudo de caso, essa por sua vez, se refere a uma análise de uma peneira vibratória redonda inclinada de uma indústria química.

Também é importante classificar a pesquisa com base nos procedimentos técnicos que são aplicados. Esses, por sua vez, são divididos em: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, estudo de caso, pesquisa ação e pesquisa participante. (VERGARA, 2002).

A pesquisa bibliográfica é caracterizada por Gil (2002, p.44), como uma pesquisa “desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” Com base nessa perspectiva, este trabalho é classificado como uma pesquisa bibliográfica, pois explora conceitos de manutenção, planejamento e indicadores com base em diversos autores e artigos utilizados como referências.

Para Stakeapud Creswell (2007, p.32), o estudo de caso é definido como:

O pesquisador explora em profundidade um programa, um fato, uma atividade, um processo ou uma ou mais pessoas. Os casos são agrupados por tempo e atividade, e os pesquisadores coletam informações detalhadas usando uma variedade de procedimentos de coleta de dados durante um período de tempo prolongado.

Desse modo, com base nos procedimentos técnicos existentes, pode-se classificar esse trabalho como estudo de caso, pois o mesmo foi desenvolvido em um contexto real de operação.

Ou seja, o caso do estudo em questão leva-se em conta a avaliação de uma peneira vibratória redonda inclinada de uma indústria química.

### 3.2 Materiais e Métodos

Lakatos e Marconi (2003) definem o método como um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que possibilita alcançar o objetivo de obter conhecimentos válidos e verdadeiros, estabelecendo o caminho a ser percorrido, identificando erros e apoiando o pesquisador nas suas decisões.

Com base nessa ideia, Gil (2002) reforça que uma pesquisa bem estruturada e desenvolvida requer a identificação detalhada das etapas necessárias à sua elaboração. Logo, a figura 2 apresenta o fluxograma que se refere aos passos a serem seguidos na preparação dessa pesquisa.

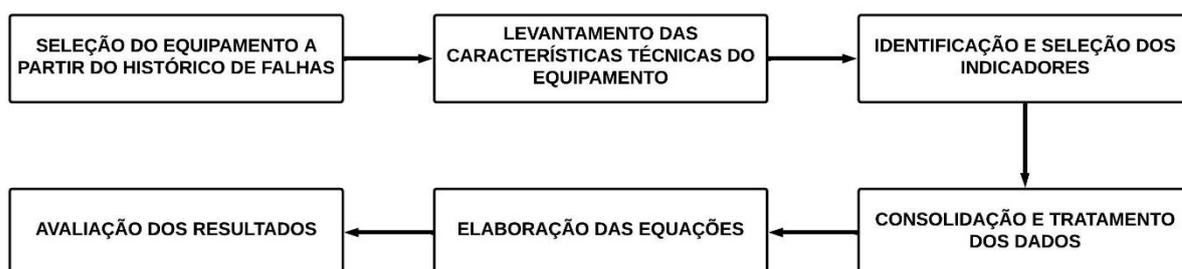


Figura 2: Fluxograma das etapas para realização do trabalho.  
Fonte: Pesquisa direta (2024).

A partir da figura 2, têm-se o passo a passo para a realização do estudo. Assim, é detalhada as seguintes fases:

- 1) **Seleção do Equipamento Utilizado:** Essa etapa consiste na escolha dos instrumentos ou equipamentos necessários para a execução do trabalho. No caso apresentado, foi escolhido como equipamento a peneira vibratória redonda inclinada;
- 2) **Levantamento das Características Técnicas do Equipamento:** Uma vez escolhido o equipamento, é necessário entender suas especificações técnicas para garantir que ele é adequado à pesquisa. Aqui, são identificadas e registradas características como precisão, sensibilidade, limitações, entre outros aspectos que impactam na validade dos dados coletados;

- 3) **Identificação e Seleção dos Indicadores de Manutenção:** Nesta etapa, são escolhidos os indicadores que permitirão a análise do problema. Indicadores são métricas ou critérios que serão utilizados para medir ou observar fenômenos relevantes ao tema. Para o desenvolvimento do trabalho foram escolhidos os respectivos indicadores: a DF, o MTTR e o MTBF;
- 4) **Consolidação e Tratamento dos Dados:** Após a coleta dos dados, realiza-se o tratamento das informações, que inclui a organização, a verificação da consistência e a aplicação de equações fundamentadas na literatura mencionada no referencial teórico. Essa etapa é essencial para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados.
- 5) **Elaboração das Equações:** As equações desenvolvidas foram fundamentadas no referencial teórico, utilizando fórmulas previamente apresentadas por autores como Xenos (1998) e Viana (2002). Essas equações ajudam a estruturar o raciocínio lógico por trás dos fenômenos observados;
- 6) **Avaliação dos Resultados:** Com os dados tratados e as equações aplicadas, chega-se à fase de análise dos resultados. Eventuais discrepâncias, padrões ou conclusões são examinados criticamente.

### 3.3 Variáveis e indicadores

Segundo Gil (2002, p.32) variável “refere-se a tudo aquilo que pode assumir diferentes valores ou diferentes aspectos, segundo os casos particulares ou as circunstâncias.” Uma variável pode ser entendida como uma categoria ou conceito operacional que pode assumir valores, propriedades e/ou fatores distintos, que podem ser observados em um objeto de estudo e medidos (LAKATOS e MARCONI, 2003).

Indicadores são dados ou informações, preferencialmente de natureza quantitativa, que refletem um fenômeno específico e são usados para avaliar um processo ou seus resultados. Esses dados podem ser coletados tanto durante o processo quanto após sua conclusão (CARIDADE, 2006). De acordo com Pinto, Flores e Seixas (2002), os indicadores permitem identificar as diferenças entre o que foi planejado e o que foi efetivamente executado.

Tabela 1 - Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Indicadores de manutenção	DF – Disponibilidade Física MTBF – Tempo Médio Entre Falhas MTTR – Tempo Médio para Reparo

Fonte: Pesquisa direta (2024)

A partir das informações contidas na tabela 1 é possível determinar os tipos de dados essenciais para a pesquisa, dando ênfase nos principais indicadores de manutenção, que representam a principal variável. A DF, o MTBF e o MTTR são os principais fatores que influenciam diretamente na situação selecionada para o equipamento escolhido.

### 3.4 Instrumentos de Coletas de Dados

Conforme Gil (2002, p.100), a “coleta de dados na pesquisa experimental é feita mediante a manipulação de certas condições e a observação dos efeitos produzidos.” Portanto, para esse estudo foi adotada as seguintes técnicas para o desenvolvimento da coleta de dados:

- Pesquisa bibliográfica;
- Observação direta;
- Diálogo com profissionais da área envolvida.
- Registros institucionais (Planilhas e relatórios);

### 3.5 Tabulação de Dados

A tabulação dos dados do presente trabalho será realizada por meio da utilização do *software Microsoft Lists* e pelo sistema de gestão de manutenção interno da empresa, o *Minerion SGA*. Para elaboração dos resultados, serão utilizados os *softwares Power BI* e o *Microsoft Excel*.

### 3.6 Considerações Finais

Ao decorrer deste capítulo, foram descritos os procedimentos metodológicos adotados para a realização desta pesquisa. Destacaram-se o tipo de estudo, os materiais e métodos

utilizados, as variáveis e indicadores analisados, assim como o processo de coleta e tabulação dos dados, conforme o objetivo proposto.

No capítulo conseqüente, os resultados analisados serão apresentados, relativos à questão problema que diz respeito aos impactos dos indicadores de manutenção em uma peneira vibratória inclinada de uma empresa química.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da Empresa

A empresa estudada é uma indústria química que se dedica à produção de aluminas especiais e hidratos, atendendo tanto ao mercado interno quanto ao externo por meio da exportação de seus produtos. A companhia tem como foco principal o desenvolvimento sustentável e a inovação colaborativa. Suas atividades abrangem diferentes etapas da cadeia produtiva de aluminas, desde a extração da bauxita até o processamento de hidrato e de aluminas especiais de alta tecnologia. A figura 3 representa de forma detalhada esse processo.

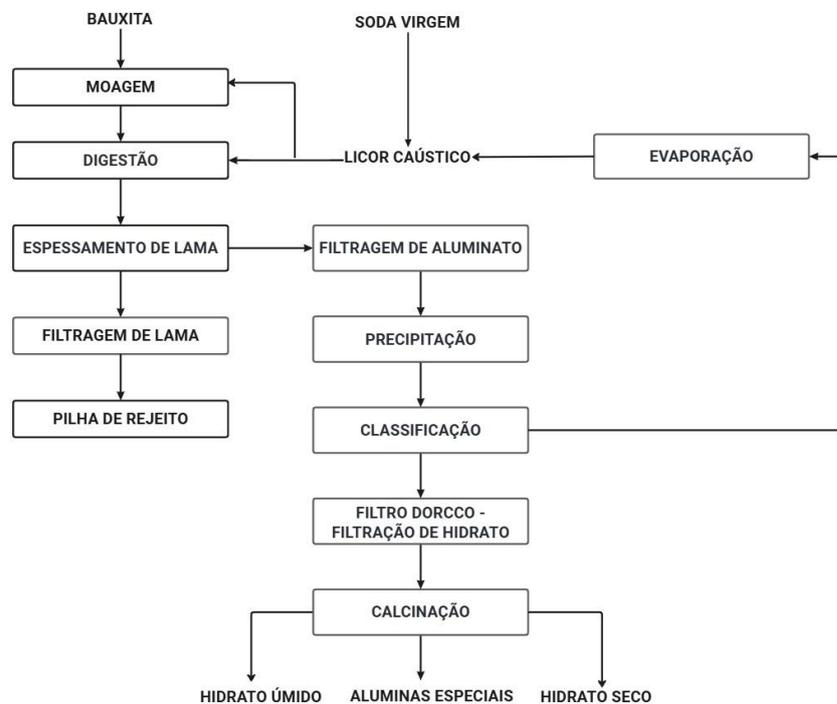


Figura 3: Fluxograma do processo.  
Fonte: Pesquisa direta (2024).

A figura 3 é um fluxograma que descreve o processo produtivo de uma indústria química especializada na produção de aluminas especiais e hidratos. O processo se inicia com a extração da bauxita, que passa por diversas etapas até se transformar nos produtos finais.

A alumina, também conhecida como óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ), é um material branco e cristalino em forma de pó, obtido principalmente a partir da bauxita. Seu uso abrange diversas aplicações, incluindo abrasivos, materiais refratários e catalisadores. O hidrato, por sua vez, corresponde ao hidróxido de alumínio, sendo um estágio intermediário no processo de produção da alumina.

A tabela 2 apresenta dados estatísticos sobre a indústria brasileira de alumina, abrangendo informações relacionadas à produção, ao consumo e à balança comercial desse material.

Tabela 2 - Produção, consumo e balança comercial da alumina.

Unidade: 1000 toneladas

Composição	2022	2023
<b>Suprimento</b>	<b>10.900,1</b>	<b>10.464,1</b>
<b>Produção</b>	<b>10.871,5</b>	<b>10.443,4</b>
■ Alcoa Alumínio S.A.	2.211,0	1.972,4
Poços de Caldas (MG)	175,0	155,2
São Luís (MA)	2.036,0	1.817,2
■ Companhia Brasileira de Alumínio		
Alumínio (SP)	733,6	737,7
■ Norsk Hydro Brasil Ltda.		
Alunorte - Alumina do Norte do Brasil S.A. - Barcarena (PA)	6.192,5	6.185,3
■ Rio Tinto do Brasil Ltda.		
São Luís (MA)	377,0	336,5
■ South32 Minerals S.A.		
São Luís (MA)	1.357,4	1.211,5
<b>Importações<sup>(1)</sup></b>	<b>28,6</b>	<b>20,7</b>
<b>Consumo Doméstico</b>	<b>1.724,4</b>	<b>2.130,2</b>
■ Usos metálicos	-	-
■ Outros usos	-	-
<b>Exportações<sup>(1)</sup></b>	<b>9.499,0</b>	<b>8.642,9</b>

Fonte: ABAL (2024).

A tabela 2 apresenta dados detalhados da indústria de alumina no Brasil para os anos de 2022 e 2023.

- **Produção Total:** Houve uma leve redução na produção de 10.871,5 mil toneladas em 2022 para 10.443,4 mil toneladas em 2023.
- **Consumo Doméstico:** Aumentou significativamente, de 1.724,4 mil toneladas em 2022 para 2.130,2 mil toneladas em 2023. Isso pode indicar maior demanda interna, talvez para atender o crescimento de indústrias locais.

- Exportações: Caíram de 9.499,0 mil toneladas em 2022 para 8.642,9 mil toneladas em 2023, sugerindo que uma parte da produção pode ter sido redirecionada para o mercado doméstico.
- Importações: Permaneceram baixas, com uma queda de 28,6 mil toneladas em 2022 para 20,7 mil toneladas em 2023, o que reforça a autossuficiência da indústria brasileira de alumina.

Na figura 4, é ilustrada a produção de alumina em 2022 e 2023 de acordo com os países.

	<b>Alumina production<sup>5</sup></b>	
	<b>2022</b>	<b>2023<sup>e</sup></b>
United States	<sup>e</sup> 920	780
Australia	19,500	19,000
Brazil	<sup>e</sup> 10,000	10,000
Canada	1,360	1,600
China	81,900	82,000
Germany	<sup>e</sup> 1,000	720
Greece	861	860
Guinea	340	330
India	<sup>e</sup> 7,500	7,300
Indonesia	<sup>e</sup> 1,200	1,200
Ireland	1,630	1,200
Jamaica	634	1,500
Kazakhstan	1,340	1,300
Russia	3,080	2,400
Saudi Arabia	<sup>e</sup> 1,900	1,800
Spain	1,340	640
Turkey	300	290
Ukraine	300	—
United Arab Emirates	2,430	2,300
Vietnam	1,430	1,400
Other countries	<u>1,200</u>	<u>880</u>
World total (rounded)	140,000	140,000

Figure 4: Produção de Alumina por país em 2022 e 2023  
 Fonte: USGS *Science for a changing world* (2024)

De acordo com a figura 4, o Brasil pode ser considerado o terceiro maior produtor de alumina em 2023, ficando atrás apenas da China e da Austrália. Esse posicionamento destaca a relevância do país na cadeia produtiva do alumínio, reforçando sua importância no mercado internacional.

A peneira vibratória redonda inclinada é responsável pela separação de produtos químicos em pó e granulados. Sua alta precisão e eficiência asseguram que apenas partículas com o tamanho desejado sejam processadas, contribuindo para a melhoria da qualidade dos produtos finais. Um dos principais objetivos desse equipamento é a classificação de materiais, realizada por meio da separação das partículas com base em seus tamanhos.

O processo de classificação ocorre ao dispor o material sobre camadas de telas com aberturas de tamanhos variados. Cada camada possui aberturas específicas: partículas que não conseguem atravessar uma camada permanecem nela ou passam para a camada inferior, que possui aberturas maiores. Esse sistema garante uma separação e classificação eficaz dos materiais, otimizando o processo produtivo.

Dada a sua relevância para o processo produtivo da empresa, é responsabilidade do departamento de manutenção assegurar a confiabilidade deste e de todos os demais equipamentos. Isso é alcançado por meio de planos de manutenção detalhados, ações preventivas para evitar falhas no maquinário, elaboração de relatórios de desempenho e realização de inspeções programadas. Caso ocorram falhas, é emitida uma ordem de serviço para que a equipe de manutenção execute os reparos corretivos necessários, garantindo o pleno funcionamento do equipamento.

A figura 5 descreve o organograma do setor de manutenção da empresa estudada.

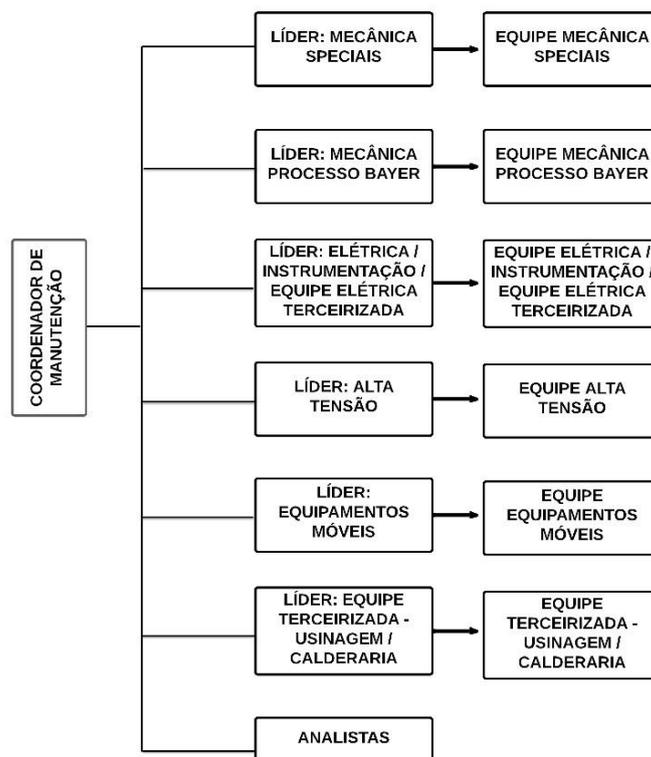


Figura 5: Organograma do setor de manutenção.  
Fonte: Pesquisa direta (2024).

A figura 5 apresenta o organograma do setor de manutenção de uma empresa química. No topo da hierarquia está o Coordenador de Manutenção, que supervisiona diversas áreas especializadas, cada uma liderada por um responsável específico:

1. Líder: Mecânica Especiais – supervisiona a Equipe Mecânica Especiais;
2. Líder: Mecânica Processo Bayer – supervisiona a Equipe Mecânica Processo Bayer;
3. Líder: Elétrica/Instrumentação/Equipe Elétrica Terceirizada – supervisiona a Equipe Elétrica/Instrumentação/Equipe Elétrica Terceirizada;
4. Líder: Alta Tensão – supervisiona a Equipe Alta Tensão;
5. Líder: Equipamentos Móveis – supervisiona a Equipe Equipamentos Móveis;
6. Líder: Equipe Terceirizada – Usinagem/Caldeiraria – supervisiona a Equipe Terceirizada – Usinagem/Caldeiraria.

Além dessas lideranças, o organograma também inclui analistas, que atuam de forma transversal, oferecendo suporte técnico e estratégico para todas as áreas.

#### **4.2 Caracterização da Peneira Vibratória Redonda Inclinada**

As peneiras vibratórias redondas inclinadas são equipamentos projetados para realizar separação granulométrica com alta precisão. Elas podem operar com até três *decks*, permitindo a separação de até quatro granulometrias diferentes, com eficiência em malhas de até 270 *mesh*.

O sistema de vibração é acionado por um motovibrador eletromecânico, que movimenta o material de forma horizontal e vertical. Durante o processo, esferas de borracha realizam a autolimpeza das telas, garantindo maior eficiência.

As telas são confeccionadas em materiais como aço inoxidável ou nylon e são tensionadas por dispositivos específicos. Para suportar cargas elevadas, podem ser reforçadas. É importante que o equipamento opere com materiais cuja temperatura não ultrapasse 70°C, para evitar danos às telas.

Na Figura 6 é destacado o modelo de peneira vibratória redonda inclinada utilizado na empresa.



Figura 6: Peneira Vibratória Redonda Inclinada.  
Fonte: tavmac.com.br (2024).

A figura 6 ilustra o modelo de peneira vibratória redonda inclinada utilizado na indústria analisada. O equipamento selecionado para o estudo opera com um único *deck* e possui uma tela fabricada em aço inoxidável. A malha empregada para essa peneira é de 90 *mesh*. O principal objetivo desse ativo é separar a alumina do chamote, um material de baixo valor que será descartado. Esta peneira funciona ininterruptamente por 24 horas e está instalada na área conhecida como Estação de Peneiramento, que faz parte do setor de Calcinação da fábrica.

### 4.3 Seleção dos Indicadores

A seleção dos indicadores para o monitoramento do desempenho da peneira vibratória redonda inclinada foi motivada, principalmente, pela elevada frequência de trocas de telas que ocorreram durante o ano de 2024.

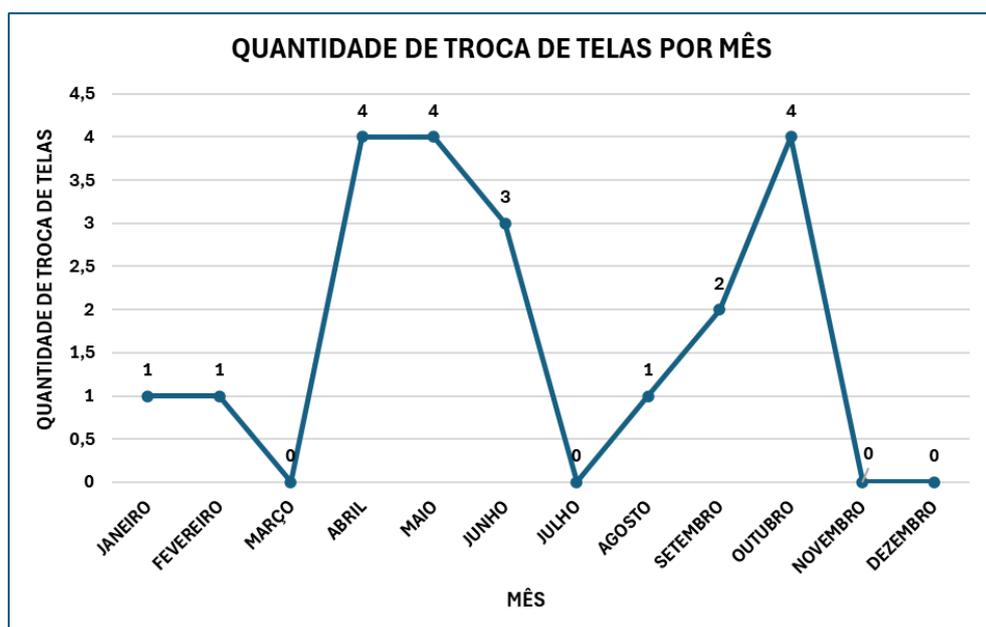


Figura 7: Quantidade de trocas de telas por mês.  
Fonte: Pesquisa direta (2024).

A figura 7 apresenta um gráfico de linha que mostra a quantidade de trocas de telas por mês em uma peneira vibratória redonda inclinada durante o ano de 2024. O eixo horizontal representa os meses do ano, enquanto o eixo vertical indica a quantidade de trocas de telas realizadas.

Os dados mostram que houve um total de 20 trocas de telas ao longo do ano, com picos em abril, maio e outubro (4 trocas cada mês). Em alguns meses, como março, julho, novembro e dezembro, não houve nenhuma troca registrada.

Até o momento, a empresa utiliza apenas o indicador de Disponibilidade Física (DF) para monitorar seus equipamentos. No entanto, a recorrência das trocas de telas na peneira vibratória redonda inclinada evidenciou que esse único indicador não é suficiente para compreender as causas das falhas e planejar ações de melhoria. Diante disso, foi evidenciada a necessidade de se calcular os indicadores Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), como uma forma de abordar diretamente o problema identificado.

A principal razão para essa ação é justamente a necessidade de investigar os impactos das trocas de tela a partir dos cálculos dos indicadores de manutenção. O MTTR permitirá avaliar o tempo médio necessário para realizar os reparos no equipamento, enquanto o MTBF fornecerá uma métrica para medir a confiabilidade e o intervalo médio entre falhas. Esses dois indicadores, combinados, fornecem uma visão mais abrangente sobre o desempenho da peneira vibratória, possibilitando a identificação de padrões, causas recorrentes e oportunidades para otimizar o processo de manutenção.

Essa abordagem reforça a importância de alinhar a gestão da manutenção com os desafios práticos enfrentados pela empresa, contribuindo para a melhoria contínua dos processos industriais.

#### **4.4 Cálculo dos Indicadores de Manutenção**

Para o cálculos dos indicadores de manutenção, as equações elaboradas foram baseadas no referencial teórico, empregando fórmulas previamente apresentadas por autores como Xenos (1998) e Viana (2002). Dessa forma, para cada mês do ano, foi calculado a DF, o MTBF e o MTTR.

1) Janeiro:

- Horas disponíveis: 744h;
- Horas indisponíveis: 2,5h;
- Quantidade de troca de telas: 1.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{744 - 2,5}{744} \times 100\% = 99,66\% \quad (10)$$

Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} = \frac{744 - 2,5}{1} = 741,5H \quad (11)$$

Tempo Médio para Reparo:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} = \frac{2,5}{1} = 2,5H \quad (12)$$

2) Fevereiro:

- Horas disponíveis: 696h;
- Horas indisponíveis: 2h;
- Quantidade de troca de telas: 1.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{696 - 2}{696} \times 100\% = 99,71\% \quad (13)$$

Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} = \frac{696 - 2}{1} = 694H \quad (14)$$

Tempo Médio para Reparo:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} = \frac{2}{1} = 2H \quad (15)$$

3) Março:

- Horas disponíveis: 744h;
- Horas indisponíveis: 0h;
- Quantidade de troca de telas: 0.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{744 - 0}{744} \times 100\% = 100\% \quad (17)$$

Para o mês de março, no qual a Disponibilidade Física (DF) foi de 100%, não foi possível calcular os indicadores Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), uma vez que não ocorreram trocas de tela nesse período. Consequentemente, o equipamento não apresentou falhas, impossibilitando a obtenção desses indicadores.

4) Abril:

- Horas disponíveis: 720h;
- Horas indisponíveis: 280h;
- Quantidade de troca de telas: 4.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{720 - 280}{720} \times 100\% = 61,11\% \quad (18)$$

Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} = \frac{720 - 280}{4} = 110H \quad (19)$$

Tempo Médio para Reparo:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} = \frac{280}{4} = 70H \quad (20)$$

5) Maio:

- Horas disponíveis: 744h;
- Horas indisponíveis: 46,67h;
- Quantidade de troca de telas: 4.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{744 - 46,67}{744} \times 100\% = 93,73\% \quad (21)$$

Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} = \frac{744 - 46,67}{4} = 174,33H \quad (22)$$

Tempo Médio para Reparo:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} = \frac{46,67}{4} = 11,66H \quad (23)$$

6) Junho:

- Horas disponíveis: 720h;
- Horas indisponíveis: 15,33h;
- Quantidade de troca de telas: 3.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{720 - 15,33}{720} \times 100\% = 97,87\% \quad (24)$$

Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} = \frac{720 - 15,33}{3} = 234,89H \quad (25)$$

Tempo Médio para Reparo:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} = \frac{15,33}{3} = 5,11H \quad (26)$$

7) Julho:

- Horas disponíveis: 744h;
- Horas indisponíveis: 0h;
- Quantidade de troca de telas: 0.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{744 - 0}{744} \times 100\% = 100\% \quad (27)$$

Para o mês de julho, no qual a Disponibilidade Física (DF) foi de 100%, não foi possível calcular os indicadores Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), uma vez que não ocorreram trocas de tela nesse período. Conseqüentemente, o equipamento não apresentou falhas, impossibilitando a obtenção desses indicadores.

8) Agosto:

- Horas disponíveis: 744h;
- Horas indisponíveis: 9h;
- Quantidade de troca de telas: 1.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{744 - 9}{744} \times 100\% = 98,79\% \quad (28)$$

Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} = \frac{744 - 9}{1} = 735H \quad (29)$$

Tempo Médio para Reparo:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} = \frac{9}{1} = 9H \quad (30)$$

9) Setembro:

- Horas disponíveis: 720h;
- Horas indisponíveis: 10,72h;
- Quantidade de troca de telas: 2.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{720 - 10,72}{720} \times 100\% = 98,51\% \quad (31)$$

Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} = \frac{720 - 10,72}{2} = 354,64H \quad (32)$$

Tempo Médio para Reparo:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} = \frac{10,72}{2} = 5,36H \quad (33)$$

10) Outubro:

- Horas disponíveis: 744h;
- Horas indisponíveis: 31,33h;
- Quantidade de troca de telas: 4.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{744 - 31,33}{744} \times 100\% = 95,79\% \quad (34)$$

Tempo Médio Entre Falhas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} = \frac{744 - 31,33}{4} = 178,17H \quad (35)$$

Tempo Médio para Reparo:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} = \frac{31,33}{4} = 7,83H \quad (36)$$

11) Novembro:

- Horas disponíveis: 720h;
- Horas indisponíveis: 0h;
- Quantidade de troca de telas: 0.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{720 - 0}{720} \times 100\% = 100\% \quad (37)$$

Para o mês de novembro, no qual a Disponibilidade Física (DF) foi de 100%, não foi possível calcular os indicadores Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), uma vez que não ocorreram trocas de tela nesse período. Consequentemente, o equipamento não apresentou falhas, impossibilitando a obtenção desses indicadores.

12) Dezembro:

- Horas disponíveis: 744h;
- Horas indisponíveis: 0h;
- Quantidade de troca de telas: 0.

Disponibilidade Física:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% = \frac{744 - 0}{744} \times 100\% = 100\% \quad (38)$$

Para o mês de dezembro, no qual a Disponibilidade Física (DF) foi de 100%, não foi possível calcular os indicadores Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), uma vez que não ocorreram trocas de tela nesse período. Consequentemente, o equipamento não apresentou falhas, impossibilitando a obtenção desses indicadores.

Tabela 3 - Indicadores de manutenção da Peneira Vibratória Redonda Inclinada.

MÊS	QUANTIDADE DE TROCA DE TELAS	HORAS DISPONÍVEIS	HORAS PARADAS	MTBF (H)	MTTR (H)	DF (%)
JANEIRO	1	744	2,5	741,5	2,5	99,66%
FEVEREIRO	1	696	2	694	2	99,71%
MARÇO	0	744	0			100,00%
ABRIL	4	720	280	110	70	61,11%
MAIO	4	744	46,67	174,33	11,67	93,73%
JUNHO	3	720	15,33	234,89	5,11	97,87%
JULHO	0	744	0			100,00%
AGOSTO	1	744	9	735	9	98,79%
SETEMBRO	2	720	10,72	354,64	5,36	98,51%
OUTUBRO	4	744	31,33	178,17	7,83	95,79%
NOVEMBRO	0	720	0			100,00%
DEZEMBRO	0	744	0			100,00%

Fonte: Pesquisa direta (2024)

A tabela 3 apresentada descreve a quantidade de trocas de telas em uma peneira vibratória redonda inclinada ao longo dos meses, horas disponíveis, horas paradas, juntamente com os indicadores de manutenção MTBF, MTTR e DF. Os campos em branco da tabela 2, representam os meses em que a DF foi 100% (março, julho, novembro e dezembro). Assim, não foi possível realizar o cálculo dos indicadores MTBF e MTTR.

O estudo da peneira vibratória redonda inclinada foi motivado pela alta quantidade de trocas de telas registradas em 2024, totalizando 20 substituições, o que a destacou no setor de calcinação da fábrica. Esse dado inicial levou à escolha deste equipamento como objeto de análise, por ser um exemplo representativo dos impactos das trocas frequentes nos indicadores de manutenção.

Os resultados obtidos revelaram que, apesar da elevada frequência de trocas, a confiabilidade da peneira permaneceu alta. Isso sugere que a dinâmica das trocas de telas não comprometeu significativamente a disponibilidade do equipamento, reforçando a importância de avaliar não apenas a quantidade de intervenções, mas também seu impacto real nos indicadores.

Esse cenário reforça a importância dos indicadores de manutenção, como MTBF (Tempo Médio entre Falhas) e MTTR (Tempo Médio para Reparo), para uma avaliação detalhada do desempenho do equipamento. A análise desses indicadores, aliada ao estudo de custos de manutenção e taxa de falhas, permite decisões mais assertivas no planejamento das manutenções, otimizando os processos e minimizando desperdícios.

## 4.5 Avaliação dos Impactos dos Indicadores de Manutenção na Peneira Vibratória Redonda Inclinada

### 4.5.1 Disponibilidade Física

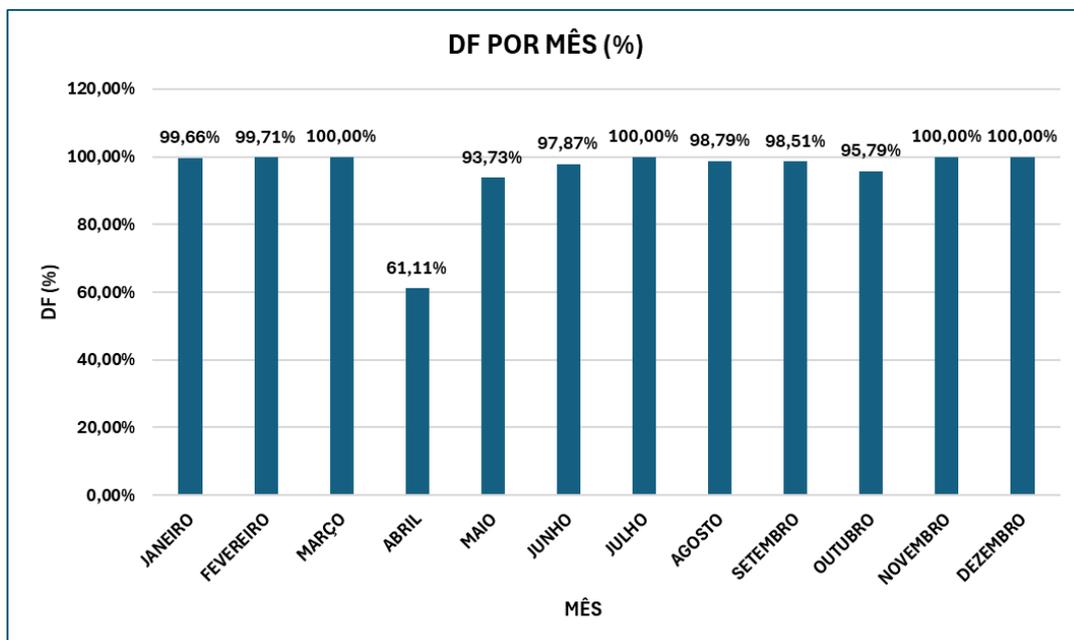


Figura 8: Disponibilidade física por mês.  
Fonte: Pesquisa direta (2024).

A figura 8 descreve um gráfico de colunas que representa o impacto das trocas de telas na disponibilidade física do equipamento em análise. Diante desse gráfico têm-se as seguintes afirmativas:

- Nos meses sem troca de telas (março, julho, novembro e dezembro), a DF foi de 100%, demonstrando que o equipamento operou sem interrupções;
- Em abril, a DF caiu para 61,11%, o menor valor do ano, devido a 280 horas paradas causadas pelas 4 trocas de telas, impactando significativamente a produção;
- Maio e outubro também tiveram quedas na disponibilidade (93,73% e 95,79%, respectivamente) devido às paradas para trocas.

#### 4.5.2 MTBF – Tempo Médio Entre Falhas

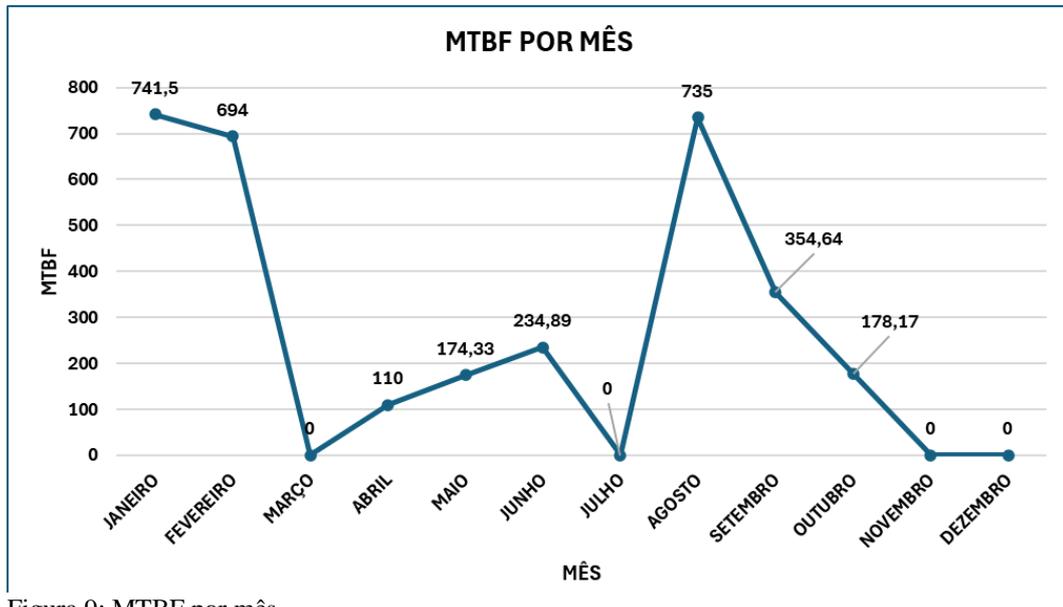


Figura 9: MTBF por mês.  
Fonte: Pesquisa direta (2024).

A figura 9 é um gráfico de linha que evidencia a variação de MTBF em cada mês para o equipamento selecionado em estudo. Com base nesse gráfico, pode-se concluir:

- Quando a DF foi 100% (março, julho, novembro e dezembro), o MTBF não foi calculado pois não houve troca de telas;
- Em abril, o MTBF caiu para 110 horas, o menor valor registrado, confirmando a alta frequência de paradas;
- Nos meses com poucas trocas de telas, o MTBF foi mais elevado, indicando maior confiabilidade.

### 4.5.3 MTTR – Tempo Médio Para Reparo

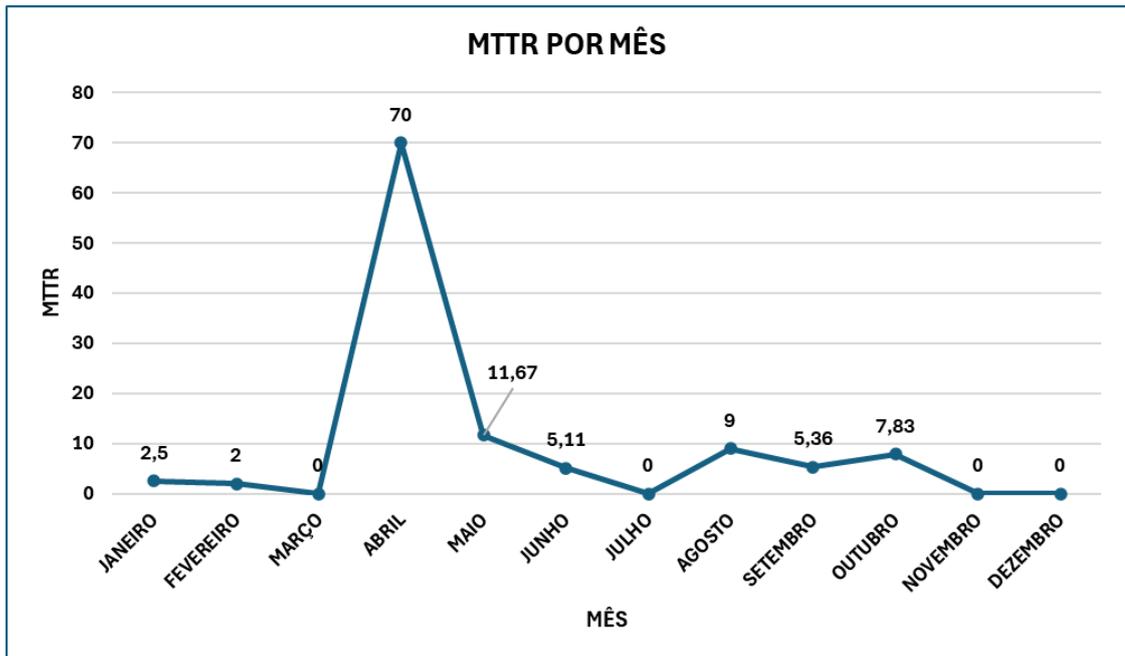


Figura 10: MTTR por mês.  
Fonte: Pesquisa direta (2024).

A figura 10 configura-se como um gráfico de linha que apresenta a variação de MTTR ao longo dos meses para a peneira vibratória redonda inclinada. A partir desse gráfico, têm-se as seguintes conclusões:

- Em abril, o MTTR foi 70 horas, o maior do ano, refletindo a severidade das paradas;
- Nos meses com menor impacto na disponibilidade, o MTTR foi bem inferior (exemplo: janeiro e fevereiro com 2,5 e 2 horas respectivamente).

Ao transcorrer deste capítulo, foi descrita a caracterização da empresa e do equipamento de estudo. Também foi feito a seleção, o cálculo e avaliado os impactos nos indicadores de manutenção na peneira vibratória redonda inclinada.

No próximo capítulo aborda-se a conclusão do trabalho e as possíveis recomendações para estudos futuros.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusão

Este estudo teve como objetivo avaliar os impactos nos indicadores de manutenção, a partir das trocas de tela de uma peneira vibratória redonda inclinada de uma indústria química. Para isso, foram calculados e analisados os indicadores de manutenção, especificamente a Disponibilidade Física (DF), o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e o Tempo Médio Para Reparo (MTTR), permitindo uma visão detalhada da influência dessas trocas na eficiência operacional do equipamento.

Os resultados demonstraram que nos meses em que não houve trocas de tela (março, julho, novembro e dezembro), a DF foi de 100%, evidenciando que o equipamento operou sem interrupções. Em contrapartida, em abril, onde foram registradas quatro trocas, a DF caiu drasticamente para 61,11%, com um tempo de parada acumulado de 280 horas, o que impactou negativamente a produtividade da indústria. Nos meses de maio e outubro, também houve quedas na DF, reforçando a influência direta das trocas no desempenho do equipamento.

O cálculo do MTBF evidenciou que, em abril, a métrica foi reduzida para 110 horas, o menor valor do ano, indicando que as falhas ocorreram com maior frequência. Por outro lado, nos meses sem trocas de tela, o MTBF foi significativamente mais alto, demonstrando maior confiabilidade operacional. O MTTR, por sua vez, foi de 70 horas em abril, refletindo a gravidade das paradas para a substituição das telas. Nos meses com menos impacto na disponibilidade, o MTTR foi consideravelmente menor, indicando uma eficiência maior nas intervenções de manutenção.

A importância do cálculo dos indicadores de manutenção se evidencia pela capacidade de identificar e medir a eficiência das ações de manutenção. O cálculo desses indicadores permitiu quantificar e compreender os impactos através das trocas de tela da peneira vibratória redonda inclinada. Dessa forma, os resultados sugerem um efeito na disponibilidade e confiabilidade do equipamento, contribuindo para uma análise do ponto vista do planejamento da manutenção.

## 5.2 Recomendações

Baseando-se nos resultados obtidos e na análise dos indicadores de manutenção, são propostas as seguintes recomendações para estudos futuros:

- **Implementação de Manutenção Preditiva:** Incorporar técnicas de manutenção preditiva para monitorar o estado das telas e prever falhas antes que ocorram, reduzindo a necessidade de paradas não planejadas;
- **Otimização dos Planos de Manutenção:** Revisar e aprimorar os planos de manutenção preventiva, focando em intervalos de inspeção e troca de telas com base nos dados históricos de desempenho e falhas;
- **Avaliação de Novos Materiais para as Telas:** Investigar a utilização de materiais alternativos para as telas da peneira vibratória redonda inclinada que possam aumentar sua vida útil e reduzir a frequência de substituições;
- **Desenvolvimento de Treinamentos Específicos:** Capacitar a equipe de manutenção com treinamentos específicos sobre as melhores práticas de operação e manutenção da peneira vibratória, visando aumentar a eficiência e reduzir o tempo de reparo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSIS, M. C. **Metodologia do Trabalho Científico**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

AZEVEDO, José Carlos Feitosa. **Análise do impacto de um novo sistema de gerenciamento na melhoria dos indicadores de manutenção em uma empresa de transportes**. 2016. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

BIASOTTO, Eduardo. **Aplicação do BSC na gestão da TPM: estudo de caso em indústria de processo**. 2006. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Editora Ciência Moderna Ltda. Rio de Janeiro - RJ, 2008.

CARIDADE, Annelise Vendramini da Silva. **Práticas de Gestão Estratégica e Aderência ao Método Sigma: Um estudo de Caso no Setor de Celulose e Papel**. São Paulo: USP, 2006.

CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DE ALMEIDA, Paulo Samuel. **Manutenção Mecânica Industrial – Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Saraiva Educação SA, 2018.

DORIGO, L. C. **Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)**. Tecém. 2013.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2002.

KARDEC, Alan; CARVALHO, C. **Gestão estratégica e terceirização**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019. 560 p.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2009.

- KREMER, C. D., & KOVALESKI J. L. (2008). **Determinação do momento ótimo para a realização da manutenção preventiva em equipamentos de uma indústria metalúrgica: um estudo voltado para a redução de custos.** IV Encontro de Engenharia e Tecnologia de Campos Gerais.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas 2003.
- MARTINS, Ana Patrícia Riberio de Almeida Pires. **A Influência da Manutenção Industrial no Índice Global de Eficiência (OEE).** Dissertação (Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial) — Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- MOUBRAY, John. **Reliability-centered maintenance.** 2. ed. New York: Industrial Press Inc, 1997.
- OLIVEIRA, M. **Análise de métodos estatísticos em planejamento e controle de manutenção.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2014.
- PINTO, A. K.; FLORES, J. F.; SEIXAS, E. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho.** Rio de Janeiro: Qualitymark: ABRAMAN, 2002.
- PINTO, A.K.; XAVIER, J.A.N. **Manutenção: Função estratégica,** 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- ROBLES, Leo. **Aplicação de técnicas de medição da produtividade da manutenção em portos: O caso do Porto de Tubarão (ES) da Vale.** 2011.
- RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica.** 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1980.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.
- SILVEIRA, C.B. **Indicadores de performance da manutenção industrial,** 2018.
- SIQUEIRA, I. P. **Indicadores De Eficiência, Eficácia E Efetividade Da Manutenção.** Jabotão: Tecnix, 2018. 18 p.
- SIQUEIRA, I. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- SLACK, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas.

SOUZA, A. N. **Licenciamento ambiental no Brasil sob a perspectiva da modernização ecológica**. 2009, 226p. Dissertação (Ciência Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2009.

TADACHI, N.T., e FLORES, M.C.X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna de Manutenção**. Novo Pólo Editora – New York, 1998.

TELES, J. **Indicadores de Performance na Manutenção**, 2018.

VACCARO, J. A. R. (1997). **Confiabilidade: Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)**. Rio de Janeiro: Qualitymark.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

XAVIER, J. N. **Indicadores de manutenção**. Manter – o portal da manutenção, 2018.

XENOS, H. (1998). **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima, Minas Gerais: Editora FDG.

XENOS, H. G. D. (2014). **Gerenciando a Manutenção Produtiva** (2ª ed.). São Paulo: Falconi.

**ANEXO**