

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

LEONARDO SALES DE MELO

**ANÁLISE E ESTRUTURAÇÃO DA ÁREA DE MANUTENÇÃO DE  
UMA INDÚSTRIA DE FIOS E CABOS ELÉTRICOS A PARTIR DO  
USO DE INDICADORES**

VIÇOSA  
2023

LEONARDO SALES DE MELO

**ANÁLISE E ESTRUTURAÇÃO DA ÁREA DE MANUTENÇÃO DE  
UMA INDÚSTRIA DE FIOS E CABOS ELÉTRICOS A PARTIR DO  
USO DE INDICADORES**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II – e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates.

VIÇOSA  
2023

**LEONARDO SALES DE MELO**

**ANÁLISE E ESTRUTURAÇÃO DA ÁREA DE MANUTENÇÃO DE  
UMA INDÚSTRIA DE FIOS E CABOS ELÉTRICOS A PARTIR DO  
USO DE INDICADORES**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário – e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 14 de JULHO de 2023.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MAURO DE OLIVEIRA PRATES  
Data: 14/07/2023 16:49:19-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates - Orientador**  
**Universidade Federal de Viçosa**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JOSE CARLOS DA COSTA CAMPOS  
Data: 14/07/2023 16:27:18-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Prof. Dr. José Carlos da Costa Campos- Membro**  
**Universidade Federal de Viçosa**



---

**Eng. Bruno Fernandes Ruiz - Membro**  
**Universidade Federal de Viçosa**

*“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível.”*

*(Max Weber)*

*Este trabalho é dedicado a minha família e aos meus amigos.*

## *Agradecimentos*

Gostaria, inicialmente, de agradecer a todos aqueles que estiveram comigo desde os primeiros dias no ensino fundamental, no ensino médio e no ensino superior pois sem eles minha trajetória como profissional com certeza seria diferente.

Gostaria de agradecer também a toda minha família, em especial à minha mãe Marluci, ao meu pai Cássio e ao meu irmão Leandro por serem sempre a minha maior força e inspiração em qualquer aspecto da vida.

Gostaria também de agradecer aos amigos da república 2111 que me acolheram em um ambiente de irmandade e descontração por todos esses anos, fazendo com certeza que inúmeras histórias surgissem fazendo com que um laço de amizade entre nós se estenda para além da universidade.

Também gostaria de agradecer a aqueles amigos que fiz no curso de engenharia elétrica, em especial a aqueles do meu ano de 2017, que sempre estiveram me apoiando e ajudando nos momentos mais difíceis do curso. Não poderia também deixar de agradecer à equipe de futsal Inter de MilOhm, que com certeza foi o vínculo para que algumas amizades se fortalecessem, e onde também um pouco de desafogo no meio de tanta pressão que envolve a vida universitária.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os professores que estiveram presentes na minha trajetória como aluno de graduação da UFV, em especial os professores do Departamento de Engenharia Elétrica, que proporcionaram o meu desenvolvimento como engenheiro eletricitista. Em especial, gostaria de agradecer ao professor Mauro Prates, meu orientador neste projeto, pela ajuda na realização do mesmo.

## *Resumo*

Com o desenvolvimento das máquinas de produção a partir do século XIX, estratégias para aumentar a produtividade das fábricas e indústrias estudos têm sido desenvolvidas ao longo do tempo. Exemplos de estudos nesta área são o desenvolvimento da engenharia de manutenção e o desenvolvimento da área de Planejamento e Controle de Máquinas. Dentre os métodos estudados por estas áreas, o acompanhamento de produção através do uso de indicadores de manutenção é um dos mais utilizados. Sendo assim, neste trabalho, o objetivo foi a implementação de uma rotina de acompanhamento de indicadores de manutenção em uma indústria de fios e cabos elétricos, levantando métodos de análise e como cada um deles pode ajudar uma indústria a diminuir os tempos de manutenção e o número de falhas. Como resultado final, gráficos e tabelas relacionados a estes indicadores e ao tempo de parada das máquinas são mostrados. Foram coletados dados das máquinas por 6 meses para a conclusão deste trabalho e os resultados foram importantes análises extraídas dos dados que são úteis para melhoria do processo industrial da empresa em estudo.

**Palavras-chave:** Indústria, manutenção, indicadores, PCM

## *Abstract*

With the development of production machines from the 19th century on, strategies to increase the productivity of factories and studies have been tried. Examples of studies in this area are the development of maintenance engineering and the development of the Machinery Planning and Control area. Among the methods studied by these areas, monitoring production through the use of maintenance indicators is one of the most used. Therefore, in this work, the implementation of a routine for monitoring maintenance indicators in an electrical wire and cable industry will be trained, raising analysis methods and how each of them can help an industry to reduce maintenance times and the number of faults. As a final result, graphs and tables related to these indicators and the downtime of the machines are displayed. Data were collected from the machines for 6 months for the completion of this work and the results were important analyzes extracted from the data that are useful for improving the industrial process of the company under study.

**Key-words:** Industry, maintenance, indicators, MPC



# *Sumário*

1.	Introdução .....	13
1.2.	Produção de Fios e Cabos .....	13
1.2.1.	Trefilação.....	14
1.2.2.	Reunião ou Encordamento.....	16
1.2.3.	Isolamento .....	16
1.2.4.	Corte e Embalagem .....	17
1.3.	Gestão de Manutenção .....	18
1.4.	Objetivo Geral.....	19
1.5.	Objetivos específicos .....	19
2.	Revisão Bibliográfica .....	20
2.1.	PCM.....	20
2.1.	Manutenção Industrial .....	21
2.1.1.	Manutenção corretiva .....	22
2.1.2.	Manutenção preventiva.....	22
2.1.3.	Manutenção preditiva .....	23
2.1.4.	Manutenção detectiva.....	23
2.1.5.	Engenharia de manutenção .....	24
2.2.	Indicadores de Manutenção .....	25
2.2.1.	MTTR.....	25
2.2.2.	MTBF .....	26
2.2.3.	Disponibilidade.....	26
3.	Materiais e Métodos .....	27
3.1.	Ordens de Serviço .....	27
3.2.	Planilhas.....	29
3.2.1.	Controle de Abertura de O.S. ....	29
3.2.2.	Tempo de manutenção – Equipe.....	29
3.2.3.	Tempo de manutenção – Equipamento.....	30
3.2.4.	Tempo de manutenção – Manutenção por Tipo .....	30
3.3.	Serviços não Planejados.....	31
3.3.1.	Histórico Anual .....	31
3.3.2.	Banco de dados.....	31
4.	Resultados e Discussão.....	33
4.1.	Planilha de Controle de Abertura de O.S. ....	33
4.2.	Serviços não planejados.....	37
4.2.1.	Indicadores de manutenção.....	37
5.	Conclusão .....	42

6.	Referências Bibliográficas.....	43
----	---------------------------------	----

## *Lista de Figuras*

Figura 1: Exemplo de Trefila .....	15
Figura 2: Exemplo de Extrusora.....	17
Figura 3: Exemplar do local da OS onde os técnicos detalham o horário das manutenções .....	28
Figura 4: Detalhamento da manutenção realizada.....	28
Figura 5: Materiais utilizados na manutenção.....	28
Figura 6: Parte da planilha de controle de abertura de O.S. responsável pela contabilização de horas de parada .....	29
Figura 7: Tempo de Manutenção por Equipe .....	33
Figura 8: Tempo de Manutenção por Equipamento .....	35
Figura 9: Tempo de Manutenção por Tipo de Manutenção .....	36
Figura 10: Tempo médio entre falhas (MTBF) na zona de extrusão da indústria em julho de 2021 .....	38
Figura 11: Tempo médio de reparo (MTTR) das máquinas da zona de extrusão da indústria em julho de 2021 .....	38
Figura 12: Disponibilidade das máquinas da zona de extrusão da indústria em julho de 2021 .....	39

## *Lista de Tabelas*

Tabela 1: Resultado da soma de serviço por equipe do mês de julho de 2021 .....	33
Tabela 2: Resultado da soma de serviço por equipamento do mês de julho de 2021 ....	34
Tabela 3: Resultado da soma do tempo de manutenção por tipo de serviço .....	36
Tabela 4: Indicadores de manutenção .....	37
Tabela 5: Comparativo mensal de MTBF das máquinas.....	40
Tabela 6: Número de corretivas abertas por mês .....	41

# ***1. Introdução***

## **1.1. Indústria Brasileira**

As primeiras indústrias brasileiras, tem os seus primórdios entre os séculos XVIII e XIX, porém, veio a se desenvolver mais fortemente após a década de 1880, participando ativamente da economia brasileira após a década de 1920 (FERNANDES, 'S.d.'). Desde então, a sua importância para o país não pode ser ignorada.

Segundo dados do site da Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2022, a indústria nacional representou 23,9 % do PIB nacional, chegando a uma máxima histórica de 48% em 1985. Apesar da queda da participação percentual do PIB, a indústria continua sendo responsável por cerca de 69,3 % das exportações brasileiras e por 34,4 % da receita tributária do país (excluindo receitas previdenciárias), além de ser responsável por cerca de 66,4 % dos investimentos empresariais do país em estudo e desenvolvimento.

Ainda de acordo com o CNI dentre os setores e subsetores da indústria brasileira, o setor de transformação é responsável por cerca de 12,9 % do PIB e o subsetor de máquinas e equipamentos elétricos, por 1,5 %. Em Minas Gerais a participação deste subsetor é de 0,9 % no PIB do estado e de 1,5 % no PIB do sudeste.

Para o CNI, o subsetor de máquinas e equipamentos elétricos compreende a fabricação de produtos para geração, distribuição e controle de energia elétrica, de aparelhos eletrodomésticos, de equipamentos de iluminação elétrica, sinalização e alarme, de lâmpadas, de fios, cabos e outros materiais elétricos. Sendo assim, este subsetor engloba, entre outros, a indústria de fios e cabos elétricos, destacando assim, a importância do setor relacionado neste trabalho para a população e para a economia, seja no cenário regional, estadual ou nacional.

## **1.2. Produção de Fios e Cabos**

Segundo o site da Lamesa: cabos elétricos, os cabos elétricos isolados são amplamente empregados tanto em residências quanto em indústrias. Eles consistem em condutores de cobre flexíveis revestidos com isolamento de PVC. Esses cabos exibem propriedades elétricas e mecânicas excelentes, proporcionando uma rede elétrica segura

e de longa duração. No mercado brasileiro, os condutores elétricos estão disponíveis com alta flexibilidade e facilidade de manuseio, o que torna sua instalação bastante conveniente.

É essencial que os fabricantes de cabos elétricos tenham seus Sistemas de Garantia de Qualidade devidamente certificados de acordo com as normas vigentes. Além disso, todos os produtos devem ser fabricados estritamente em conformidade com as especificações das normas nacionais (ABNT), internacionais ou, no caso de cabos personalizados, seguindo as especificações fornecidas pelo cliente.

Cada tipo e bitola (seção de cobre) dos cabos elétricos, incluindo cabos de instrumentação, cabos de controle e outros, devem atender a requisitos elétricos, dimensionais, mecânicos e químicos estabelecidos nas especificações dos produtos. Todas as matérias-primas utilizadas na fabricação desses cabos devem ser especificadas por normas e submetidas a um controle adequado no momento do recebimento.

O processo de fabricação de fios e cabos elétricos pode ser separado em 4 fases: Trefilação, Reunião ou Encordamento, Extrusão, Corte e Embalagem. (LAMESA; 2023).

### **1.2.1. Trefilação**

O cobre utilizado na produção dos condutores elétricos deve ter uma pureza mínima de 99,9% e normalmente é fornecido no Brasil em forma de vergalhão com diâmetro de 8 mm. As propriedades elétricas e mecânicas especificadas pela norma são classificadas como cobre macio. Os condutores podem ser compostos por um único fio (condutor sólido) ou vários fios (cabo ou corda). Para reduzir o diâmetro do vergalhão de 8 mm para o diâmetro desejado do fio, é utilizado um processo chamado de trefilação, no qual o vergalhão é esticado de forma controlada e sequencial até que o diâmetro especificado seja alcançado.

A trefilação é realizada por uma máquina conhecida como trefiladora, que possui várias polias rotativas para puxar o fio e um fuso para esticá-lo e reduzir seu diâmetro. Durante esse processo, uma solução de óleo é utilizada para lubrificar o fio enquanto passa pela fieira e também para resfriá-lo. Em seguida, os fios são submetidos a um processo de recozimento em um forno, a fim de restaurar as propriedades elétricas e mecânicas do cobre macio.

A primeira etapa é a trefilação primária, na qual o vergalhão de 8 mm é reduzido para um diâmetro de 1,8 mm, sendo colocado em uma cesta como matéria-prima para a próxima etapa.

A segunda etapa é a trefilação do fio fino, na qual o diâmetro é reduzido de 1,8 mm para o diâmetro final especificado para cada bitola do condutor, que pode ser inferior a 0,2 mm. Nessa etapa, o processo de fabricação dos cabos elétricos é realizado por meio da trefilação de múltiplos fios, nos quais até 16 fios (embalados em bobinas) são trefilados simultaneamente, seguindo o mesmo sistema de processo.

As máquinas de trefilação (Figura 1) utilizadas são modernas e automatizadas, capazes de realizar a trefilação de forma contínua, mantendo uma qualidade constante e velocidades superiores a 30 metros por segundo (1.800 metros por minuto) (LAMESA;2023).

Figura 1: Exemplo de Trefila



Fonte da Figura 1: Canal "*Profile Wire Drawing & Rolling Machine*" do YouTube

### **1.2.2. Reunião ou Encordamento**

Os condutores flexíveis de cobre são compostos por vários fios finos, sendo que o padrão estabelece um diâmetro máximo para cada bitola. O processo de fabricação envolve a coleta da quantidade calculada de fios para cada bitola, formando uma "corda". Essa etapa é realizada por uma máquina chamada de reunidora, que utiliza vários fios de cobre trefilado para formar uma "corda" com perfil redondo, uniforme e com máxima flexibilidade possível.

No processo de fabricação dos cabos elétricos, as máquinas de montagem utilizadas estão equipadas com painéis de controle digitais, que permitem a programação precisa e uniforme dos parâmetros do processo de fabricação. Isso garante um controle eficiente e consistente durante a produção dos cabos (LAMESA,2023).

### **1.2.3. Isolamento**

Os condutores elétricos necessitam de isolamento para estabelecer contato com outros materiais, como tubos, conectores e outros cabos. Esse isolamento desempenha um papel fundamental na proteção elétrica, prevenindo curtos-circuitos, e também oferece proteção física. O isolamento mais comumente utilizado em condutores de instalações residenciais é o PVC, um plástico que apresenta boas propriedades de isolamento elétrico, isolamento térmico, resistência mecânica, facilidade de aplicação e bom custo-benefício. O PVC é fornecido na forma de grãos.

No processo de fabricação dos cabos elétricos, há uma etapa específica para a aplicação desse isolamento, conhecida como extrusão ( a máquina responsável por esta etapa, extrusora, pode ser vista na Figura 2). Nessa etapa, os grãos de PVC são aquecidos em uma rosca dentro de um tubo, resultando em uma massa maleável. Essa massa é então pressionada por uma ferramenta, formando uma camada cilíndrica, uniforme e contínua sobre o condutor. Em seguida, o material é resfriado para manter sua forma e garantir uma aderência adequada aos condutores. O isolamento recebe a coloração especificada pela norma técnica, que pode ser aplicada através da coloração total da substância ou por uma fina camada externa na camada de base, utilizando uma extrusora auxiliar (coextrusora).



Para garantir a excelente qualidade dos cabos elétricos, cabos de controle, cabos de automação e outros tipos de cabos que passam pelo processo de isolamento, é necessário contar com linhas de extrusão equipadas com equipamentos modernos. Esses equipamentos permitem a aplicação contínua do material isolante, com controle dimensional automático de acordo com os parâmetros do processo de fabricação. Além disso, são utilizados equipamentos auxiliares para detectar quaisquer falhas na camada isolante, assegurando a integridade do isolamento ao longo de todo o cabo (LAMESA; 2023).

Figura 2: Exemplo de Extrusora



Fonte da Figura 2: Site da fabricante " *Rulli Standart*"

#### **1.2.4. Corte e Embalagem**

Na etapa final do processo de fabricação, os cabos são cortados de forma contínua e precisa em comprimentos padronizados, como rolos de 100 metros ou carretéis com metragens maiores, de acordo com as necessidades do cliente. Esses cabos são então acondicionados em embalagens adequadas e etiquetas de identificação são aplicadas, seguindo as instruções normativas brasileiras.

As embalagens dos rolos têm a função não apenas de proteger os produtos, mas também de permitir um manuseio adequado durante o uso. Elas garantem a integridade dos cabos durante o transporte e armazenamento, facilitando sua instalação posterior (LAMESA; 2023).

### 1.3. **Gestão de Manutenção**

Para o bom funcionamento de uma indústria no geral, a gestão da manutenção dos seus ativos é uma parte de seu processo produtivo de extrema importância. De acordo com Kardec e Nassif (2009), é uma preocupação comum para as empresas buscar aumentar sua produtividade e eficiência, visando produzir mais com o menor custo possível. Além disso, essas empresas também se esforçam para garantir a realização de suas atividades de forma segura e com o mínimo de impacto ambiental. Essa abordagem alinhada à sustentabilidade é compartilhada por diversos estudiosos (OLIVEIRA, 2022).

Os indicadores de manutenção desempenham um papel crucial no planejamento e controle das atividades e estratégias de manutenção. Dentre os principais indicadores utilizados, destacam-se o *Mean Time Between Failures* (MTBF), o *Mean Time To Repair* (MTTR), a Disponibilidade, o Grau de Realização dos Planos de Manutenção, o *Backlog*, o Tempo de Parada de Máquina e os Custos (LAMEIRINHAS, 2021).

Esses indicadores fornecem informações essenciais para avaliar o desempenho da manutenção em uma organização. O MTBF, por exemplo, representa o intervalo médio de tempo entre falhas em um equipamento, enquanto o MTTR indica o tempo médio necessário para reparar uma falha e retornar o equipamento à operação normal. Já Disponibilidade é um indicador que mede a proporção de tempo em que um equipamento está disponível para uso.

Além disso, o Grau de Realização dos Planos de Manutenção permite avaliar o cumprimento das atividades planejadas, enquanto o *Backlog* representa a quantidade de trabalhos de manutenção pendentes. O Tempo de Parada de Máquina é o período em que uma máquina fica indisponível devido a uma intervenção de manutenção, e os Custos englobam os gastos associados às atividades de manutenção.

Eles normalmente são ferramentas valiosas para auxiliar no gerenciamento eficiente da manutenção, permitindo uma análise mais precisa do desempenho e auxiliando na tomada de decisões estratégicas.

Estes indicadores normalmente são contabilizados e acompanhados em *softwares* especializados em indicadores de manutenção, ou em *softwares* que contabilizam e geram gráficos como o *Excel*, *Power BI* e o *LibreOffice*.

#### **1.4. Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é propor um mecanismo de acompanhamento e análise da área de manutenção de uma indústria de fios e cabos, de maneira a facilitar a identificação de possíveis pontos de melhora no processo de produção da empresa.

#### **1.5. Objetivos específicos**

- Melhoria do serviço de manutenção da indústria;
- Diminuição do número de Ordens de Serviço (O.S.) corretivas solicitadas ao serviço de manutenção;
- Construir planilhas, tabelas e gráficos que possibilitam acompanhar o rendimento das máquinas de forma sistemática pelo responsável pela manutenção (engenheiro ou operador);
- Estimular o uso de indicadores de manutenção para acompanhar a performances das máquinas da indústria.

## ***2. Revisão Bibliográfica***

Este capítulo traz alguns dos conceitos e trabalhos na área de gestão de manutenção industrial. Tratam-se de publicações que explicam conceitos e mostram a importância de áreas como; Planejamento e Controle da Manutenção – PCM, além de explicar e detalhar quais são os tipos de manutenção e como os indicadores de manutenção são definidos e usados para a melhora do uso dos produtos industriais.

### ***2.1. PCM***

De acordo com Souza (2008, p. 141), o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é um conjunto estratégico de ações que engloba a preparação, programação, controle e verificação dos resultados das atividades de manutenção em relação a valores pré-estabelecidos. Além disso, o PCM também envolve a adoção de medidas corretivas para corrigir desvios, visando alcançar as metas e objetivos de produção, e conseqüentemente, da missão da empresa.

Em relação à origem do PCM, Soares (2019) explica que a constante busca por melhorias nos processos produtivos leva as empresas a procurarem alternativas para atingir seus objetivos de maneira mais eficiente. O gerenciamento de manutenção tem como principal objetivo assegurar o bom funcionamento dos equipamentos e manter os custos operacionais baixos (Younus, Fahad & Khan, 2016). As empresas exploram todas as oportunidades em seus processos para maximizar a produtividade, reduzir custos e aprimorar a eficiência (Fabro, 2003). Nesse contexto, surge o PCM como um cenário inovador que fornece subsídios para que as organizações possam alcançar seus objetivos.

A necessidade das empresas de se tornarem competitivas e sobreviverem impulsionou os estudos iniciais sobre o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) no contexto nacional (Souza, 2008). No setor industrial, ao analisar a produtividade, o foco inicial recai sobre o departamento de produção. No entanto, essa visão é equivocada, uma vez que a manutenção e a produção estão interligadas de forma direta, e não de maneira separada (Viana, 2002; Melo, 2016). Uma das principais finalidades do PCM é justamente evitar essa separação, atuando para unir e fornecer suporte à manutenção (Melo, 2016). De acordo com Viana (2002), o PCM é considerado um órgão *staff*, sendo diretamente vinculado à gerência do departamento.

Conforme apontado por Teles (2019), o setor de Planejamento e Controle da Manutenção desempenha um papel fundamental nas indústrias em geral, sendo responsável pelo gerenciamento e controle de toda a área de manutenção. Esse setor lida com informações essenciais, como custos de manutenção, mão de obra, registros de falhas em equipamentos, gerenciamento das demandas da área e disponibilidade dos equipamentos. Essas informações são tratadas de forma abrangente pelo setor de Planejamento e Controle da Manutenção.

## **2.1. Manutenção Industrial**

O autor Gomes (2023) apresenta duas definições relacionadas à manutenção. De acordo com a NBR-5462/1994, a manutenção é um conjunto de ações técnicas destinadas a preservar ou restabelecer um item em uma condição que lhe permita desempenhar sua função atribuída. Por outro lado, segundo o dicionário Aurélio de Ferreira (2009), a manutenção pode ser definida como medidas fundamentais para a preservação ou continuidade de algo ou de uma situação.

Viana (2002) e Zaions (2003) explicam que os tipos de manutenção estão relacionados às formas como as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, equipamentos, sistemas ou instalações presentes em uma planta ou setor, são direcionadas. Por sua vez, Moreira Neto (2017) afirma que os tipos de manutenção são caracterizados de acordo com a forma como a intervenção no sistema é realizada. Os autores Nascif e Dorigo (2013, p. 140) observam que existem diversas denominações para um mesmo tipo de manutenção, o que às vezes causa confusão na caracterização dos tipos (ou técnicas) de manutenção.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção pode ser classificada em seis tipos ou políticas distintas. Essas categorias são as seguintes: Manutenção Corretiva Não Planejada, Manutenção Corretiva Planejada, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Detectiva e Engenharia de Manutenção.

### **2.1.1. Manutenção corretiva**

De acordo com a ABNT (1994) através da norma NBR 5462, a manutenção corretiva é realizada em resposta a uma falha, com o propósito de restaurar um item às condições necessárias para executar sua função conforme requerido.

Souza (2013) relata que a manutenção corretiva não apresenta vantagens, no entanto, em equipamentos com baixo índice crítico, nos quais os custos de reparo são inferiores à manutenção preventiva, esse tipo de manutenção pode ser a estratégia mais adequada para a empresa.

Para esta manutenção, conforme explicado por Kardec e Nascif (2009), existem duas categorias: planejada e não planejada. Na manutenção corretiva planejada, as falhas são corrigidas de forma planejada, seja em resposta a um desempenho inferior ao esperado ou por decisão gerencial, permitindo que a manutenção seja realizada de maneira controlada. Já a manutenção corretiva não-planejada é a manutenção que ocorre de maneira aleatória, em outras palavras, de maneira emergencial.

### **2.1.2. Manutenção preventiva**

Manutenção preventiva é definida na NBR 5462 como “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”

Conforme destacado por Almeida (2014), a manutenção preventiva é um tipo de manutenção que é planejada e controlada. Ela é executada em datas pré-definidas, visando conservar um item em condições adequadas de funcionamento e conservação. O objetivo principal da manutenção preventiva é evitar imprevistos e falhas, realizando atividades de inspeção, limpeza, lubrificação e substituição de peças de forma programada. Ao adotar a manutenção preventiva, busca-se prolongar a vida útil dos equipamentos, otimizar o desempenho e reduzir os custos associados a paradas não programadas e reparos de emergência.

Seguindo as indicações de Viana (2002), as diretrizes relativas à manutenção preventiva são estabelecidas após uma pré-análise realizada pelos responsáveis técnicos. Esse procedimento tem como objetivo reduzir significativamente a improvisação durante as atividades de manutenção. De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), a manutenção preventiva é baseada na orientação temporal, enquanto Borris (2006) apresenta uma teoria

simples para esse tipo de manutenção: se cada tarefa for executada de acordo com as recomendações do fabricante e o trabalho for realizado corretamente, o equipamento será mantido em ótimas condições de funcionamento (Soares, 2019).

### **2.1.3. Manutenção preditiva**

Conforme definido pela NBR 5462, a manutenção preditiva é descrita como uma abordagem que visa garantir a qualidade desejada do serviço, por meio da aplicação sistemática de técnicas de análise. Essas técnicas utilizam meios de supervisão centralizada ou amostragem para reduzir a necessidade de manutenção preventiva e minimizar a ocorrência de manutenção corretiva.

Além disso, Teles (2019) complementa que a manutenção preditiva é realizada por meio do monitoramento dos equipamentos em operação. Isso envolve a coleta de dados do equipamento e sua posterior análise, a fim de obter uma visão detalhada de seu desempenho. O monitoramento é feito com o auxílio de dispositivos de medição de vibração, análise físico-química de óleo, ultrassom e termografia.

Ferreira (2009) ainda completa, “Para se ter uma manutenção preditiva de qualidade é necessário além de investir na qualificação da mão de obra, realizar aquisição do ferramental que são os aparelhos de coleta de dados. São considerados uma manutenção mais cara quando se considera o custo de manutenção, pois os componentes são trocados antes de atingirem o seu limite de vida”.

### **2.1.4. Manutenção detectiva**

As manutenções detectivas correspondem às ações realizadas em sistemas de proteção, comando e controle, com o objetivo de identificar falhas ocultas ou imperceptíveis ao pessoal de operação e manutenção, conforme afirmado por Kardec e Nascif (2009).

Ferreira (2008) ainda exemplifica com um caso clássico, que envolve o circuito responsável por acionar a entrada de um gerador em um hospital. Caso ocorra uma falta de energia e esse circuito apresente uma falha, o gerador não será ativado. Por essa razão,

é necessário realizar testes ou acionamentos periódicos desse circuito para verificar a sua funcionalidade.

### **2.1.5. Engenharia de manutenção**

Conforme ressaltado por Kardec e Nascif (2009), a engenharia de manutenção representa uma mudança cultural e implica na aplicação de suporte técnico para consolidar rotinas e implementar melhorias. As principais atribuições da engenharia de manutenção incluem:

- Aumentar a confiabilidade dos equipamentos.
- Aumentar a disponibilidade dos equipamentos.
- Melhorar a manutenibilidade dos equipamentos.
- Garantir a segurança nas operações.
- Eliminar problemas crônicos que afetam a produtividade.
- Solucionar problemas tecnológicos relacionados à manutenção.
- Capacitar os profissionais envolvidos na manutenção.
- Gerir materiais e sobressalentes necessários para a manutenção.
- Apoiar a implementação de novos projetos.
- Dar suporte à execução das atividades de manutenção.
- Realizar análises de falha para identificar as causas raiz dos problemas.
- Elaborar planos de manutenção adequados para cada equipamento.
- Acompanhar indicadores de desempenho relacionados à manutenção.
- Zelar pela documentação técnica dos equipamentos e processos de manutenção.



## **2.2. Indicadores de Manutenção**

De acordo com Teles (2019), o controle da manutenção é realizado por meio da criação e gestão de indicadores, os quais servem como base para a tomada de decisões e o desenvolvimento de estratégias. Sem os indicadores de manutenção, torna-se impossível avaliar se as decisões estão corretas ou equivocadas, o que é aplicável em qualquer área de atuação.

No contexto deste trabalho, foram selecionados os indicadores MTTR, MTBF e disponibilidade. Estes indicadores são detalhados logo abaixo.

### **2.2.1. MTTR**

O indicador de MTTR (*Mean Time To Repair*) - Tempo Médio para Reparo é amplamente utilizado para analisar a eficiência das equipes de manutenção corretiva, conforme mencionado por Teles (2018). Ele permite medir de forma prática o tempo que as equipes dedicam para solucionar problemas recorrentes, com o objetivo de identificar a causa raiz do problema e traçar estratégias de solução. Esse indicador é especialmente útil para avaliar a eficiência do trabalho das equipes em atender chamados externos de manutenção, com foco na manutenção corretiva.

O MTTR pode ser calculado pela equação 1:

$$MTTR = \frac{\text{somatória dos tempos de reparo}}{\text{número de corretivas}} \quad \text{Eq. (1)}$$

### 2.2.2. MTBF

O indicador conhecido como MTBF (*Mean Time Between Failures*) - Tempo Médio Entre Falhas é um dos indicadores mais importantes na área de manutenção industrial, conforme destacado por Teles (2019). Esse indicador permite calcular diversos outros indicadores relevantes. Ele consiste em medir o tempo médio decorrido entre uma falha e outra, sendo mais eficiente quando aplicado a cada equipamento individualmente, o que facilita as ações de gestão e planejamento.

O MTBF pode ser calculado pela equação 2:

$$MTBF = \frac{\text{tempo total disponível} - \text{tempo perdido}}{\text{número de corretivas}} \quad \text{Eq. (2)}$$

### 2.2.3. Disponibilidade

Ao definir a disponibilidade, Soares (2019) descreve que se trata da capacidade de um item estar apto a desempenhar uma determinada função em um momento específico ou em um período pré-estabelecido. Esse indicador reflete a proporção de tempo em que um equipamento ou planta está dedicado à operação, em relação ao total de horas de um determinado período.

Sendo assim, disponibilidade pode ser calculado pela equação 3:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{\text{Horas totais planejadas}} \times 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

### ***3. Materiais e Métodos***

Haja vista a importância dos indicadores de manutenção apresentados na seção anterior, mostra-se interessante procurarmos uma maneira eficiente e prática de acompanhar os indicadores de manutenção da produção. Isto foi feito utilizando o *software LibreOffice 7.5*.

É importante ressaltar que existem inúmeros *softwares* que ajudam no acompanhamento da manutenção, no entanto, como se trata de uma indústria na qual a cultura de acompanhamento de indicadores de manutenção está sendo implementada, utilizou-se *softwares* mais básicos para realizar este acompanhamento, uma vez que uma abordagem mais simplificada dos dados permitiria uma introdução mais natural da empresa para com os indicadores, permitindo assim que o desenvolvimento da área de PCM da empresa ocorra de forma controlada e eficiente. A partir do momento que a empresa se desenvolver e incorporar os procedimentos provenientes da análise dos indicadores de manutenção, *softwares* especializados em gerenciamento de manutenção poderão ser adquiridos para armazenar e gerir os dados referentes a manutenção. Dito isso, o desenvolvimento dos indicadores de manutenção foi feito a partir do preenchimento das Ordens de Serviço (O.S.) pelos mecânicos e eletricitas responsáveis.

#### ***3.1. Ordens de Serviço***

As Ordem de Serviços foram criadas de maneira que, ao final de cada manutenção, o responsável pela mesma, o mecânico ou eletricitista, relate com detalhe o tempo gasto no reparo do maquinário, relate o que foi feito e quais materiais foram necessários para a manutenção da máquina. Nas figuras 3,4 e 5 é possível observar algumas O.S.'s que contém estas informações citadas anteriormente.

Figura 3: Exemplar do local da OS onde os técnicos detalham o horário das manutenções

	<b>Data:</b>	<b>Registo (H):</b>	
<b>Última:</b>	_____	_____	
<b>Programada:</b>	16-02-2023 10:35	12.796	
<b>Início:</b>	16-02-2023 10:40		<b>Data Limite:</b>
<b>Fim:</b>	16-02-2023 11:25	0	_____
<b>Encerramento:</b>	_____		

Fonte da Figura 3: Autoria Própria

Figura 4: Detalhamento da manutenção realizada

<b>Tarefas Planeadas</b>
MANGUEIRA DE AR COM VAZAMENTO PARA RETIRADA DAS BUCHAS NO BOBINADOR
<b>Tarefas Realizadas</b>
FEITO:
-TROCA DA MANGUEIRA PU 8MM

Fonte da Figura 4: Autoria Própria

Figura 5: Materiais utilizados na manutenção

<b>Data</b>	<b>Artigo</b>	<b>Doc. Custo</b>	<b>Rubrica</b>	<b>Quant.</b>
16/02/2023	1 CONEXÃO PARA MANG. 8MM - CONEXÃO	RM-02/2023 - FE 2.05	- Aplica.directa - sobressalente	1,00
16/02/2023	1 G.MC.030.233 - MANGUEIRA ø 8 MM - CM	RM-02/2023 - FE 2.05	- Aplica.directa - sobressalente	50,00

Fonte da Figura 5: Autoria Própria

Estes campos são importantes para a análise de manutenção pelo engenheiro responsável, no entanto, neste trabalho usou-se somente o tempo de reparo da máquina, mostrado na Figura 3 como principal banco de dados relacionado à manutenção das máquinas. Além deste dado, também foram usados outros dados que tem como função, principalmente, identificar, tanto as características da máquina, tanto da manutenção, como qual máquina se trata e como qual setor foi o responsável pela manutenção (Elétrica / Mecânica / Usinagem).

## 3.2. Planilhas

### 3.2.1. Controle de Abertura de O.S.

Os dados citados anteriormente, inicialmente, foram lançados em uma planilha, onde, parte dela, pode ser vista na Figura 6, na qual pode-se destacar que a principal função deste processo, é entre outras, calcular o tempo gasto na manutenção de forma automática através da função de subtração do *Libre Office*.

Figura 6: Parte da planilha de controle de abertura de O.S. responsável pela contabilização de horas de parada

DATA I	DATA	TIPO DO TRABALHO	HORA DE I	HORA DE F	TEMPO DE MAN	CAUSA
01/07/21	01/07/21	CORRETIVA SEM PARADA	13:15:00	13:30:00	00:15:00	MECÂNICA

Fonte da Figura 6: Autoria Prório

A partir do tempo de manutenção calculado é possível somar tempos de manutenções semelhantes, e, com isso, diferentes tipos de gráficos podem ser gerados cruzando essa informação com os outros filtros também mostrados na planilha da figura 6.

Assim, podemos construir gráficos separando o tempo total de manutenção por sua causa, data, tipo de manutenção, equipamento, etc.

### 3.2.2. Tempo de manutenção – Equipe

Entre os gráficos que podem ser construídos depois dos procedimentos explicados na subseção anterior, podemos construir o gráfico de manutenção por equipe, que pode ser construído associando as seções de causa e de data da da planilha de controle de abertura, com o tempo de manutenção calculado. Este gráfico é construído para facilitar a visualização e comparação do tempo pausado das máquinas, em um certo período, separando as manutenções por diferentes equipes, sendo elas: equipe de manutenção elétrica, equipe de manutenção mecânica, equipe de usinagem e equipe da produção. Um exemplo deste gráfico pode ser visto na figura 7.

### **3.2.3. Tempo de manutenção – Equipamento**

Outro gráfico que pode ser gerado, é o gráfico que surge a partir do cruzamento dos dados de tempo de manutenção das máquinas com o nome das máquinas, o tipo de manutenção realizada, e a data que a mesma ocorreu. Este gráfico mostra o tempo de manutenção das máquinas por equipamento, após seleção de quais máquinas e quais tipos de manutenção querem ser vistas pelo usuário. Este gráfico foi criado para facilitar a visualização e comparação do tempo pausado entre as máquinas, permitindo assim, uma comparação de tempo de manutenção entre máquinas similares, e entre zonas de produção.

Para exemplificar, pode-se visualizar o tempo de manutenção de uma trefila específica e compará-la a outras trefilas ou pode-se selecionar a zona de trefilação inteira e compará-la a zona de extrusão inteira, para acompanhar os tempos de manutenção de um setor no geral. Estes filtros exemplificados anteriormente, ainda podem ser mais completos, se caso tenha-se interesse em filtrar as manutenções também por tipo de manutenção. Como por exemplo, filtrar o tempo de manutenção preventivas das áreas de trefilação e de extrusão com o objetivo de compará-los. Este tipo de análise permite acompanharmos as manutenções de aspectos diferentes, nos permitindo assim fazer comparações entre máquinas e também entre setores diferentes da indústria.

Um exemplo de gráfico gerado a partir deste cruzamento de dados pode ser visto na figura 8.

### **3.2.4. Tempo de manutenção – Manutenção por Tipo**

O gráfico que foi gerado por tipo de manutenção é basicamente uma versão menos completa do gráfico descrito na subseção 3.2.3, afinal este gráfico foi construído a partir do cruzamento dos dados de tempo de manutenção com data e tipo de manutenção. No entanto este gráfico retorna o gráfico em tipos de manutenção, e não em equipamento, como ocorreu anteriormente, nos possibilitando uma análise diferente dos tempos de manutenção. Entre os tipos de manutenção nas quais o gráfico retorna estão: manutenções preventivas, manutenções corretivas com parada, manutenção corretivas sem paradas, melhorias, montagens, serviços de usinagem, entre outros. Neste gráfico pode-se comparar, por exemplo, um excesso de Ordem de Serviço de manutenção corretivas com

parada, em comparação com outros meses, por exemplo, fazendo com que uma comparação seja naturalmente facilitada. Um exemplo do gráfico obtido pode ser visto na figura 9.

### **3.3. Serviços não Planejados**

Para acompanhar o tempo de manutenção corretiva dos equipamentos de diferentes maneiras, levou-se as informações deste tipo de manutenção, para outra planilha, onde estes dados serão tratados de maneira diferente. Além dos dados já obtidos pelas Ordens de Serviço, o número de horas totais planejadas para o funcionamento das máquinas também foi adicionado em um campo separado para permitir o cálculo destes indicadores. Esta outra planilha gerou os gráficos correspondentes dos seguintes indicadores de manutenção: MTTR, MTBF e disponibilidade. Um detalhamento do cálculo destes indicadores pode ser observado no diagrama 1. Como exemplo dos gráficos obtidos com este método, temos as figuras 10,11 e 12.

#### **3.3.1. Histórico Anual**

Após o cálculo dos indicadores mensais, é possível alocar estes indicadores em planilhas que contém os dados dos meses anteriores, podendo assim estabelecer uma base de dados para comparação do rendimento das máquinas nos meses analisados, fazendo com que qualquer indicador que não esteja nos padrões em algum mês possa ser identificado e posteriormente analisado pelos engenheiros de manutenção responsáveis, identificando qualquer fator ou avaria que possa ter feito com que aquele valor não tenha apresentado um valor padrão, elevando assim a qualidade da manutenção do maquinário.

#### **3.3.2. Banco de dados**

Como banco de dados utilizamos as Ordens de Serviços finalizadas no ano de 2021.

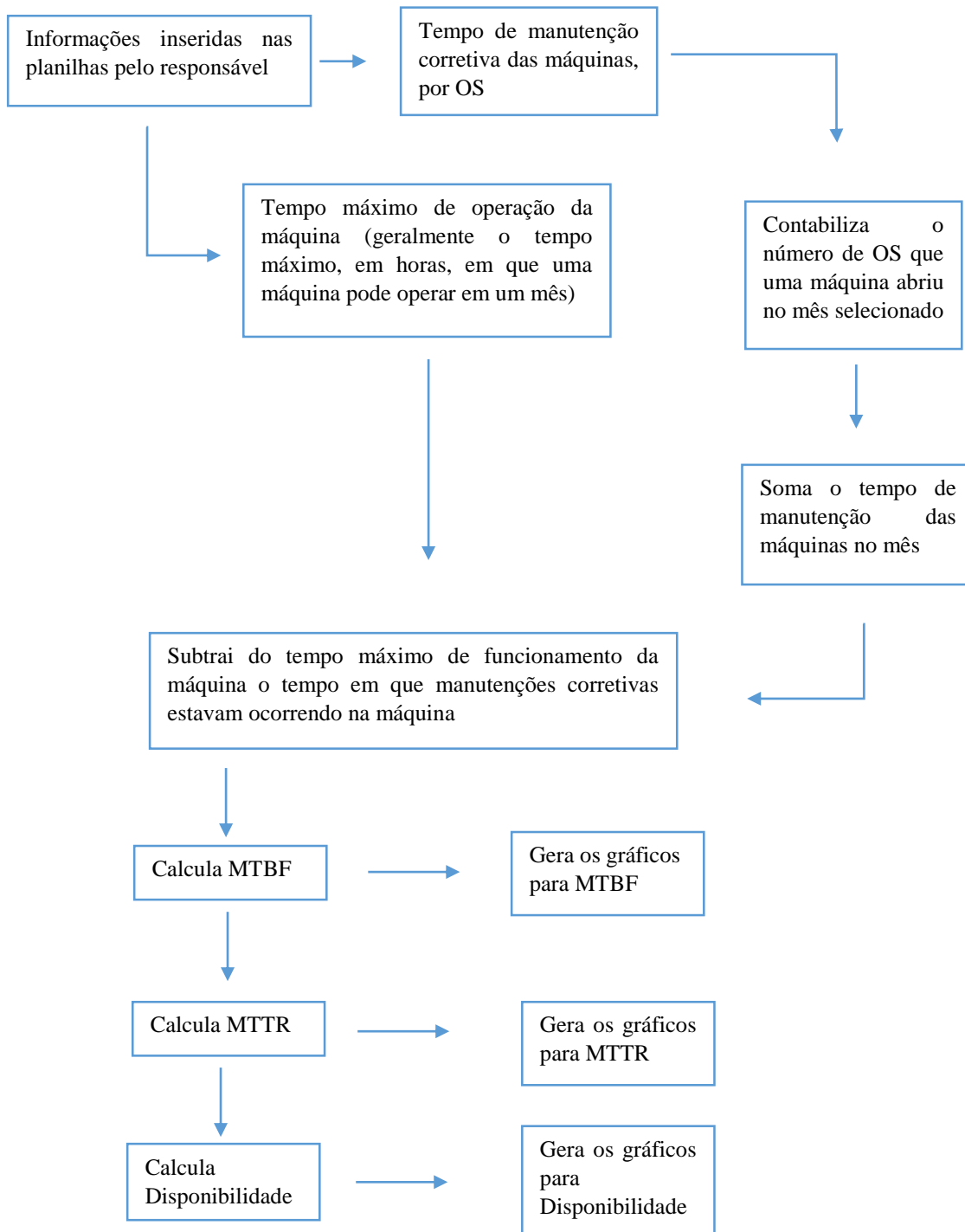


Diagrama 1: Diagrama sobre a construção de gráficos de indicadores de manutenção



## 4. Resultados e Discussão

Ao final da construção das tabelas, nas planilhas, obteve-se importantes resultados usando o *software Libre Office*, que retornou os gráficos mostrados a seguir.

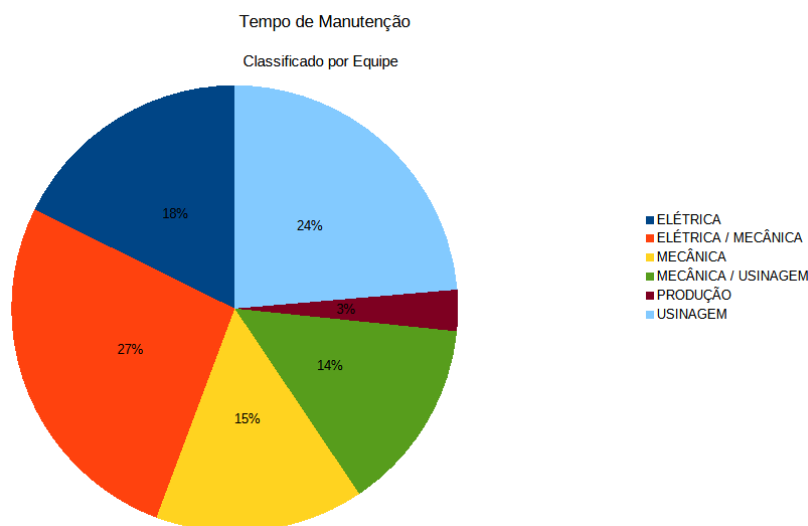
### 4.1. Planilha de Controle de Abertura de O.S.

No banco de dados temos Ordens de Serviço de todos os meses do ano de 2021, no entanto, para exemplificar, selecionaremos, como exemplo o mês de julho para analisarmos a distribuição de tipos de serviço realizados neste mês, conforme mostra a Tabela 1. A Figura 7 traz a análise do tempo de manutenção por equipe.

CAUSA:	Soma – Tempo de manutenção:
Elétrica	141:59:00
Elétrica / Mecânica	213:45:00
Mecânica	121:25:00
Mecânica / Usinagem	112:08:00
Produção	23:54:00
Usinagem	189:53:59
<b>Total Resultado:</b>	<b>803:04:59</b>

Tabela 1: Resultado da soma de serviço por equipe do mês de julho de 2021

Figura 7: Tempo de Manutenção por Equipe



Fonte da Figura 7: Autoria Própria

Os resultados são gerados a partir dos valores das tabelas, transformando os valores em horas da tabela para um valor percentual aproximado. O valor encontrado é usado em um gráfico em pizza para facilitar a visualização do operador ou engenheiro de manutenção responsável por analisar os dados. Este mesmo método é utilizado na construção dos gráficos de tempo de manutenção por equipamento e tempo de manutenção por tipo de manutenção.

Os resultados da tabela 1 e da figura 7 podem ser úteis para visualizar se há alguma equipe sobrecarregada ou, principalmente, com pouca carga de trabalho, podendo mostrar que, o ideal, possa ser uma redistribuição de trabalhadores, por exemplo, se em algum gráfico for visualizado um desequilíbrio entre os mecânicos de máquinas e os mecânicos de usinagem, pode-se deixar mais mecânicos na área da usinagem, fazendo assim uma redistribuição dos trabalhadores e evitando um desgaste excessivo de algum grupo específico e também contratações desnecessárias de trabalhadores.

Na figuras 8 e na tabela 3, também do mês de julho de 2021, estão os resultados separados por equipamento.

EQUIPAMENTOS:	SOMA - TEMPO DE MANUTENÇÃO:	SOMA - TEMPO DE MANUTENÇÃO:
Ext-I	04:55:00	2,31%
Ext -II	20:10:00	9,46%
Ext-III	74:05:00	34,76%
Ext-IV	45:45:00	21,46%
Ext-V	14:55:00	7,00%
Ext-VI	19:35:00	9,19%
Ext-VII	33:44:00	15,83%
<b>Total Resultado:</b>	<b>213:09:00</b>	<b>100,00%</b>

Tabela 2: Resultado da soma de serviço por equipamento do mês de julho de 2021

Figura 8: Tempo de Manutenção por Equipamento



Fonte da Figura 8: Autoria Própria

Na tabela 2 mostra-se o tempo de manutenção das máquinas ligadas a zona de extrusão, considerando o período de julho de 2021 e todos os tipos de paradas (corretivas, preventivas, de usinagem, entre outras). Logo a seguir, na figura 8 observa-se o gráfico gerado a partir destes dados. Podemos destacar também que, caso fosse interessante acompanhar, por exemplo, somente as Ordens de Serviço cuja a manutenção foi do tipo corretiva não planejada, ou somente preventivas, seria possível, pois existe um filtro que seleciona apenas os tipos de Ordens de Serviço desejadas para a visualização.

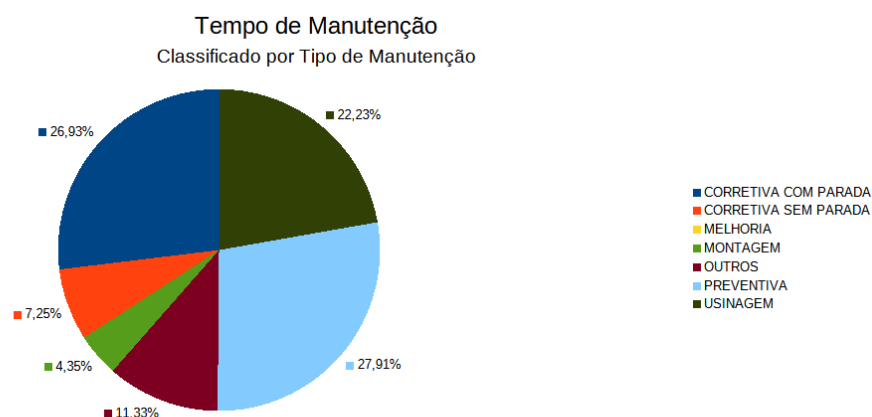
Este gráfico da figura 8 pode ser útil para perceber se alguma máquina necessita de alguma atenção especial, alguma manutenção ou troca de alguma peça mais específica que possa estar atrapalhando o rendimento da máquina ou reduzindo a sua eficiência, uma vez que o gráfico permite compararmos o rendimento da máquina com outras máquinas similares e comparar as suas performances em um certo período.

Na figura 9 e tabela 3, de julho de 2021, estão os resultados separados por tipo de manutenção realizada.

TIPO DO TRABALHO:	SOMA-TEMPO DE MANUTENÇÃO:	SOMA-TEMPO DE MANUTENÇÃO:
Corretiva com parada	216:14:00	26,93%
Corretiva sem parada	58:15:00	7,25%
Melhoria	00:00:00	0,00%
Montagem	34:57:00	4,35%
Outros	90:59:00	11,33%
Preventiva	224:10:00	27,91%
Usinagem	178:29:59	22,23%
<b>Total Resultado:</b>	<b>803:04:59</b>	<b>100,00%</b>

Tabela 3: Resultado da soma do tempo de manutenção por tipo de serviço

Figura 9: Tempo de Manutenção por Tipo de Manutenção



Fonte da Figura 9: Autoria Própria

Na tabela 3 pode-se ver o resultado quando separamos o tempo de manutenção por tipos de manutenção. Neste gráfico a principal análise que pode-se ter é observar se, no geral, a indústria apresenta um excesso de corretivas, principalmente se comparado à outros meses. Assim, a partir da alteração do período selecionado é possível fazer uma comparação entre diferentes meses e verificar, se há um excesso de um certo tipo de manutenção. É importante também o operador ou engenheiro responsável pela análise de indicadores conseguir manusear a planilha de forma a comparar o histórico da indústria

para perceber se, no período em questão, a proporção destas O.S.'s corretivas se alinha com o histórico da indústria.

## 4.2. Serviços não planejados

Além dos gráficos que comparam os tempos de manutenção dos equipamentos, a análise por uso dos indicadores de manutenção, citados anteriormente neste trabalho, também foi realizada. A elaboração dos cálculos referentes aos valores destes, e sua posterior transformação em gráficos, foi detalhada no diagrama 1. Os resultados são mostrados nas figuras a seguir.

### 4.2.1. Indicadores de manutenção

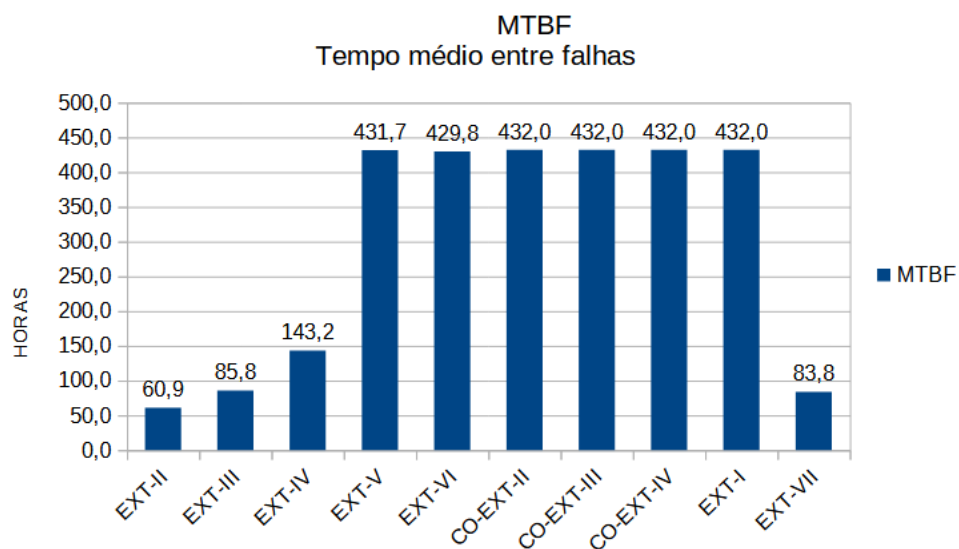
Os valores de MTBF, MTTR e Disponibilidade calculados são mostrados na tabela 4. Onde reduziu-se à amostra somente para os valores das máquinas que estão na área de extrusão da indústria para uma questão de melhor visualização dos dados.

Nas figuras 10, 11 e 12 são apresentados, respectivamente, os valores de MTBF, MTTR e disponibilidade.

EQUIPAMENTO:	Nº CORRETIVAS:	TOTAL HORAS:	DISPONÍVEL:	FUNCIONAMENTO:	MTBF:	MTTR:	DISPONIBILIDADE:
Ext-II	7,00	5,50	432,00	426,50	60,93	0,79	98,73%
Ext-III	5,00	3,25	432,00	428,75	85,75	0,65	99,25%
Ext-IV	3,00	2,42	432,00	429,58	143,19	0,81	99,44%
Ext-V	1,00	0,33	432,00	431,67	431,67	0,33	99,92%
Ext-VI	1,00	2,17	432,00	429,83	429,83	2,17	99,50%
Co - Ext-II	0,00	0,00	432,00	432,00	432,00	0,00	100,00%
Co - Ext-III	0,00	0,00	432,00	432,00	432,00	0,00	100,00%
Co-Ext-IV	0,00	0,00	432,00	432,00	432,00	0,00	100,00%
Ext-I	0,00	0,00	432,00	432,00	432,00	0,00	100,00%
Ext-VII	5,00	13,08	432,00	418,92	83,78	2,62	96,97%

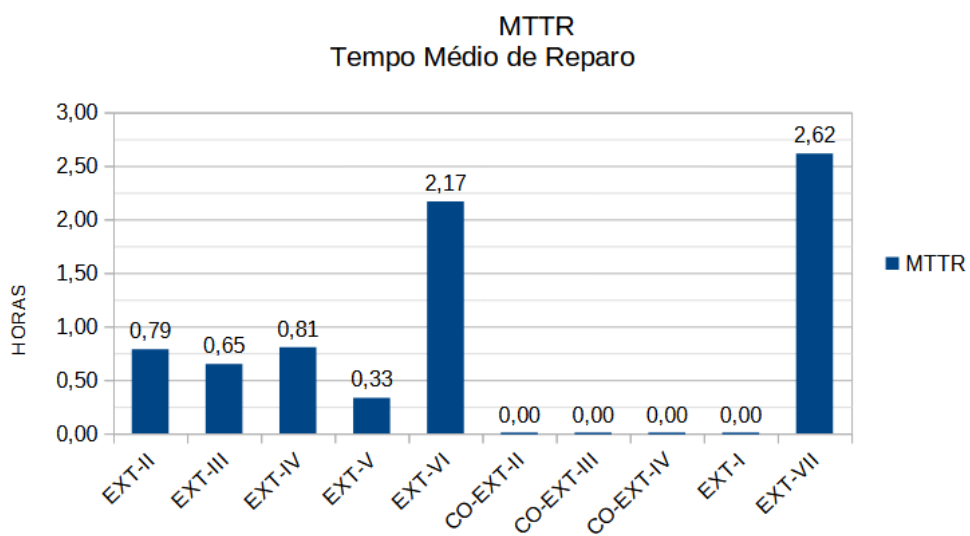
Tabela 4: Indicadores de manutenção

Figura 10: Tempo médio entre falhas (MTBF) na zona de extrusão da indústria em julho de 2021



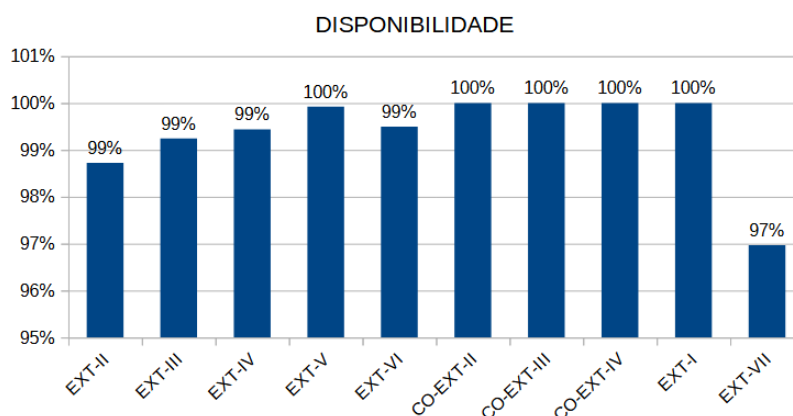
Fonte da Figura 10: Autoria Própria

Figura 11: Tempo médio de reparo (MTTR) das máquinas da zona de extrusão da indústria em julho de 2021



Fonte da Figura 11: Autoria Própria

Figura 12: Disponibilidade das máquinas da zona de extrusão da indústria em julho de 2021



Fonte da Figura 12: Autoria Própria

Vale ressaltar que os gráficos podem ser configurados para mostrar os valores das máquinas previamente selecionadas, ou seja, o operador ou engenheiro responsável pela análise de indicadores poderá analisar os valores das máquinas que desejar, além de conseguir separar os indicadores por mês, gerando assim uma base de dados para uma comparação entre os mesmos.

O gráfico de MTBF, figura 10, mostra-se uma importante forma de comparação, principalmente por que se trata de um indicador que considera o tempo em média que uma máquina funciona sem uma interferência indesejada. Este número pode ser utilizado pelos engenheiros para verificar se o custo-benefício de uma máquina atende os padrões necessários para a produção pretendida naquele certo mês. Exemplificando, uma máquina que, em todos os meses apresenta um MTBF muito abaixo das outras máquinas da indústria, pode precisar de uma manutenção específica ou até mesmo ser trocada, caso as manutenções já não sejam mais eficazes para retomar o nível de produção desejado, além de demandar um excesso de mão de obra da equipe de manutenção.

O gráfico de MTTR, (figura 11), ou tempo médio de reparo, é usado para medir a qualidade da equipe de manutenção, isso por que este indicador mostra a média de tempo em que as equipes de manutenção ficam em uma máquina. Com a visualização em gráfico podemos comparar o tempo de manutenção nas máquinas diferentes. É importante conseguir identificar quais máquinas tem um MTTR mais alto e fazer uma análise para identificar se, o motivo do MTTR estar alto está relacionado a uma manutenção que realmente era mais demorada ou um desconhecimento técnico ou má gestão de tempo por

parte dos técnicos envolvidos. Caso a última hipótese for confirmada pelo engenheiro responsável, treinamentos podem ser destinados aos técnicos, visando a melhora do desempenho na execução da manutenção.

Quanto ao gráfico relacionado a disponibilidade, figura 12, é interessante analisarmos em conjunto com o gráfico de MTBF, ( figura 10), isto porque o índice de MTBF pode mostrar uma grande flutuação em casos em que várias O.S.'s corretivas de pequena duração são abertas, nestes casos o índice de disponibilidade pode ser útil para complementar o índice de MTBF, isto porquê, caso uma máquina pare várias vezes, mesmo que por um curto intervalo de tempo, o seu MTBF pode apresentar uma grande queda, visto que este índice leva em consideração quantas pausas são feitas no equipamento. Sendo assim, esta máquina pode ser um problema para a produção ou não. Algumas máquinas, como as máquinas de solda, tem exemplares que podem às substituírem imediatamente sem grandes problemas, mas, caso uma trefila apresente várias falhas, isso pode ser um fator crucial para a produção, pois, o início da produção de cabos e condutores elétricos, passa necessariamente por uma trefila e, uma eventual pausa causa muito mais problemas, visto que a substituição da máquina não pode ser feita tão facilmente. Ou seja, o uso do indicador de disponibilidade, ajuda o responsável pela manutenção à perceber quanto tempo, se comparado ao máximo possível, as máquinas estão em seu estado funcional, se tornando, assim, uma importante ferramenta auxiliar do operador ou engenheiro de manutenção.

Uma tabela de comparação entre os meses também foi gerada. As tabelas de comparação mensais podem ser vistas na tabela 5.

MTBF								
EQUIPAMENTO:	MAIO:	JUNHO:	JULHO:	AGOSTO:	SETEMBRO:	OUTUBRO:	NOVEMBRO:	DEZEMBRO:
Co-Ext-II	407,00	425,00	432,00	425,00	407,00	395,00	295,00	214,00
Co-Ext-III	407,00	425,00	432,00	425,00	407,00	395,00	295,00	214,00
Co-Ext-IV	407,00	425,00	432,00	425,00	407,00	395,00	295,00	214,00
Ext-I	406,67	425,00	432,00	211,42	406,50	394,92	295,00	69,42
Ext-II	407,00	59,19	60,93	105,58	100,25	394,33	96,14	214,00
Ext-III	203,21	52,23	85,75	211,13	135,06	55,63	97,83	106,54
Ext-IV	203,17	69,19	143,19	211,50	202,79	394,50	146,04	105,50
Ext-V	78,88	52,26	431,67	424,00	132,22	395,00	72,96	52,44
Ext-VI	57,23	211,54	429,83	60,10	406,00	76,53	294,17	105,75
Ext-VII	77,95	58,64	83,78	209,33	407,00	97,83	72,73	214,00

Tabela 5: Comparativo mensal de MTBF das máquinas



A tabela 5 mostra o comparativo mensal de maio até dezembro dos valores de MTBF das máquinas da área de extrusão, onde também pode-se selecionar quais máquinas a tabela exibirá. No caso da tabela 5, foram selecionadas somente as máquinas referentes à zona de extrusão para uma melhor apresentação dos resultados. Há também tabelas similares tanto para MTTR, tanto para disponibilidade. Como visto nos gráficos e tabelas anteriores, o histórico das máquinas é de muita valia para a análise do engenheiro de manutenção responsável, assim, com a tabela, estes dados podem ser acessados com relativa tranquilidade. Estas tabelas possibilitam um comparativo facilitado entre o valor dos meses dos indicadores de manutenção, onde, pode-se identificar um valor fora do padrão para alguma máquina em algum mês, por exemplo.

Como análise final, ainda podemos destacar o número de manutenções corretivas abertas durante o andamento deste trabalho na tabela 6:

MÊS:	Nº DE CORRETIVAS:
Julho	116
Agosto	109
Setembro	97
Outubro	108
Novembro	81
Dezembro	59

Tabela 6: Número de corretivas abertas por mês

A tabela 6 caracteriza assim, uma redução considerável no número de Ordens de Serviço relacionadas às manutenções corretivas no período de análise.

## 5. Conclusão

O desenvolvimento de ferramentas que possibilitam o acompanhamento da manutenção em indústrias é um processo que cada indústria desenvolve a sua maneira, no entanto, a sua importância não deve ser ignorada. Logo, para que este processo seja realizado naquelas empresas que não estão dispostas a gastar com *softwares* aconselha-se, a construção das planilhas, tabelas e gráficos para o acompanhamento dos índices de manutenção, visto que, estas ferramentas, podem ser facilmente manipuladas por um responsável que, a partir da entrada apenas da identificação das máquinas e do tempo de manutenção, podem ver e acompanhar os indicadores de manutenção e a separação do tempo de manutenção por equipe, máquina e tipo de manutenção de maneira simples, se tornando assim de grande valia a estas empresas.

Caso o acompanhamento for realizado por um engenheiro ou operador que esteja bem informado sobre como os indicadores são usados e sobre as individualidades de cada máquina, conseguirá perceber e entender onde a sua equipe de manutenção precisa melhorar, promovendo mais estudos direcionados para certos casos ou equipamentos. Ademais, também será possível observar quais devem ser os próximos equipamentos a serem trocados, ou comprados, entrando assim, em uma cadeia de melhora de qualidade, produtividade e lucratividade, estimulando, desta forma, o uso contínuo desta análise, permitindo também, que, com a consolidação desta cultura, novas tecnologias e *softwares* próprios de manutenção entrem nos futuros planos da empresa, para que, assim, a manutenção das máquinas se aperfeiçoe cada vez mais.

Também pode-se concluir que houve uma evolução na qualidade da manutenção, com a queda nítida do número de corretivas, mês a mês, como visto na tabela 6, com exceção do mês de outubro, provando assim, que o acompanhamento dos indicadores de manutenção foi de grande valia para a empresa.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se sugerir a inclusão dos outros indicadores de manutenção, citados ainda na subseção 1.3, como *backlog*, confiabilidade, custos, entre outros. Desta maneira, a análise de indicadores de manutenção se expandirá trazendo, sistematicamente, uma melhoria ao setor de produção da indústria.

## ***6. Referências Bibliográficas***

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 5462: 1994. Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALMEIDA, T. O que é Manutenção Industrial de máquinas e equipamentos?

BORRIS, S. Total Productive Maintenance. Nova York: McGraw-Hill, 2006.

Confederação Nacional das Indústrias (CNI); Disponível em: < <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/> >; Acesso em: 3 de julho de 2023

Confederação Nacional das Indústrias (CNI); Disponível em: < <https://perfilsetorialdaindustria.portaldaindustria.com.br/categorias/27-maquinas-aparelhos-e-materiais-eletricos/> >. Acesso em: 03 de julho de 2023

FABRO, E. Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo. Dissertação (mestrado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

FERNANDES, Suzana Cristina. O pensamento industrialista de Amaro Cavalcanti1.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa. In: Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa. 2009. p. 2120-2120.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2009.

GOMES, Diego Guilherme. A importância da análise de riscos conjugada com planejamento e controle da manutenção em infraestrutura: os desafios da gestão em uma mina paralisada. 2023.

IBGE; Produto Interno Bruto – PIB; Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php#:~:text=O%20PIB%20do%20Brasil%20em,datas%20Unidades%20da%20Federa%C3%A7%C3%A3o%20brasileiras> >. Acesso em: 3 de julho de 2023.

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função estratégica. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2009.

LAMEIRINHAS, G. 8 indicadores indispensáveis para gestão da manutenção. 2021. Disponível em: <https://www.tractian.com/>. Acesso em: 05 de julho de 2023.

Lamesa: cabos elétricos: Processo de Fabricação. Disponível em: [https://www.lamesa.com.br/processo\\_fabricacao.asp](https://www.lamesa.com.br/processo_fabricacao.asp). Acesso em 05 de julho de 2023.

MELO, A. D. P. PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO: Partes necessárias para implantação de um planejamento de manutenção. Revista Científica FACOL/ISEOL, v. 3, n. 1, p. 38–51, 2016.

NASCIF, Júlio; DORIGO, Luís Carlos. Manutenção orientada para resultados. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

OLIVEIRA, Ana Clara A. Uso de dados na estruturação de indicadores de acompanhamento, controle e planejamento da manutenção. Viçosa: UFV, 2022.

PINTO, Everton dos santos. Aplicação do PDCA na redução de paradas por manutenção corretiva não planejada em uma indústria papelreira.

PROFILEWIREDRAWING&ROLLINGMACHINE. Máquina de desenho de fios e laminação. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=A7iJFf1Lmtg&ab\\_channel=ProfileWireDrawing%26RollingMachine](https://www.youtube.com/watch?v=A7iJFf1Lmtg&ab_channel=ProfileWireDrawing%26RollingMachine). Acesso em: 17 de julho de 2023.

RULLI STANDARD. Máquina Extrusora Rígidos Monocamada. Disponível em: <https://rullistandard.com.br/maquina-extrusora-rigidos-monocamada-rulli-standard/>. Acesso em: 17 de julho de 2023.

SOARES, Adeliane Marques. Planejamento e controle da manutenção como alavanca de resultados: implantação de uma indústria de carcinicultura. 2019. Dissertação de Mestrado. Brasil.

SOUZA, Valdir Cardoso de. Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle da manutenção. 2.ed. São Paulo: All Print Editora, 2007.

SOUZA, V. C. DE. Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle da manutenção. 5. ed. São Paulo: ALL PRINT, 2013.

TELES, Eng. Jhonata. Planejamento e controle da manutenção: uma metodologia passo a passo para a implantação do pcm. Brasília: Engeteles, 2019.

TELES, J. Guia Prático para implantação de indicadores de manutenção. Brasília: Engeteles Editora, 2018.

VIANA, H. R. G. PCM, planejamento e controle da manutenção. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

YOUNUS, J.; FAHAD, M.; KHAN, M. A. Evaluation and benchmarking of maintenance organization and planning/scheduling at automotive industries of Pakistan. *Procedia CIRP*, v. 40, p. 711–715, 2016.

ZAIONS, R. D. Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.