

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

EDUARDO ELIAS NUNES

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS GERENCIAIS PARA MELHORIA DE
INDICADORES DE MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL EM UMA FÁBRICA DE
PNEUS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

MANAUS-AM
2024

EDUARDO ELIAS NUNES

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS GERENCIAIS PARA MELHORIA DE
INDICADORES DE MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL EM UMA FÁBRICA DE
PNEUS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Projeto de Pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Israel Gondres Torné

MANAUS – AM

2024

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia – EST

Reitor:

André Luiz Nunes Zogahib

Vice-Reitor:

Kátia do Nascimento Couceiro

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Jucimar Maia da Silva Júnior

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Jozias Parente de Oliveira

Banca Avaliadora:

Prof. Israel Gondres Torné, Dr.

Prof. Edry Antônio Garcia, Dr.

Prof. Daniel Guzmán Del Río, Dr.

Data da defesa: 13/12/2024.

(Orientador)

CIP – Catalogação na Publicação

Nunes, Eduardo Elias

Implementação de Ferramentas Gerenciais para Melhoria de Indicadores de Manutenção de Classe Mundial em uma Fábrica de Pneus do Polo Industrial de Manaus. / Eduardo Elias Nunes /; [orientado por] Israel Gondres Torné . – Manaus, 2024.

p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2024

1.Manutenção Classe Mundia . 2.Indicadores de Manutenção 3.Confiabilidade. 4.Analise de dados
Torné, Israel Gondres.

EDUARDO ELIAS NUNES

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS GERENCIAIS PARA MELHORIA
DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL EM UMA
FÁBRICA DE PNEUS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.**

Projeto de Pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.


Nota obtida: **10 (dez pontos)**

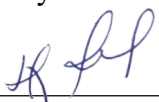
Aprovada em: 13 / 12 / 2024

Área de Concentração: Manutenção Industrial

BANCA EXAMINADORA


Orientador: Israel Gondres Torné, Dr.


Avaliador: Edry Antônio Garcia, Dr.


Avaliador: Daniel Guzmán Del Río, Dr.

Manaus, 2024

Dedico este trabalho a minha bisavó Raimunda de Souza Pereira in memoriam que em vida foi uma grande incentivadora dos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Humbernete Elias Nunes que sempre me apoiou em todas minhas loucuras acadêmicas.

Aos meus amigos Maria do Rosário e Abrahão Rodrigues por terem me abrigado não somente em sua casa mas em sua família.

À minha namorada Paula Ferreira pelo apoio e companheirismo nessa reta final da minha graduação.

A todos os meus amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Sou grato aos meus supervisores e colegas de estágio por toda contribuição técnica que foi de extrema importância para realização deste trabalho.

Deixo um agradecimento aos Professores Dr. Israel Gondres Torné e Dr. Antônio Pantoja, por me orientarem com maestria e paciência no desenvolvimento do meu trabalho.

“Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo para vencer é tentar mais uma vez”.

Thomas Edson

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cálculo do MTBF	14
Figura 2 – Cálculo do MTTR	14
Figura 3 - Tipos de manutenção	17
Figura 4 - Curva da banheira.....	19
Figura 5 - Diagrama Espinha de Peixe.....	21
Figura 6 - Ciclo PDCA.....	22
Figura 7 - Detalhamento do Ciclo PDCA	23
Figura 9 - Fases do PDCA.....	24
Figura 10 - Tela inicial do software SIGMA	28
Figura 11 - Interface do software SAP.....	29
Figura 12 - Ilustração das ferramentas inseridas no software Prisma.....	29
Figura 13 - Interface do Excel	30
Figura 14 - Tela inicial do Power BI	31
Figura 15 - Ilustração da Metodologia do Trabalho	32
Figura 16 - Organograma da manutenção da Fábrica de pneus	33
Figura 17 - Levantamento dos ativos do setor de produção de pneu de moto	35
Figura 18 - Levantamento dos ativos do setor de produção de pneu de bicicleta	36
Figura 19 - Levantamento dos ativos do setor MAT - SF.....	36
Figura 20 - Levantamento dos ativos Críticos da empresa	37
Figura 21 - SQL de consultas de paradas de máquinas.....	38
Figura 22 - Pasta com as planilhas de consultas de SQL's	38
Figura 23 - Guia Transformar dados no Power BI	39
Figura 24 - Aba de ferramentas de tabelas no Power BI.....	40
Figura 25 - Aba de exibição de modelo com o link das planilhas	40
Figura 26 - Montagem do dashboard no Power BI.....	41
Figura 27- SQL de consultas de paradas de máquinas	41
Figura 28 - Dados de paradas de máquinas extraídos do SQL de consultas de paradas de máquinas.....	42
Figura 29 - Planilha com as fórmulas matemáticas dos indicadores de manutenção	42
Figura 30 - Planilha dinâmica com as fórmulas matemáticas dos indicadores de manutenção.....	43
Figura 31 - Dashboard no Excel com os indicadores de manutenção das máquinas críticas	43

Figura 32 - Levantamento das paradas de Máquinas por motivos de “laser” no ano de 2024.....	44
Figura 33 - Levantamento das panes repetitivas no mês de junho de 2024 no setor PNM (Pneu de moto).....	45
Figura 34 - Consolidado de panes longas que ocorreram no mês de junho de 2024.....	46
Figura 35 - Consolidado de MTBF e MTTR de um ativo da Fábrica de pneus.....	47
Figura 36 - Dashboard no Excel para avaliar o desempenho dos ativos críticos da indústria de pneus	47

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BI	<i>Business Intelligence</i>
CONF	Confiabilidade
DISP	Disponibilidade
FEMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
PDCA	<i>Plan–Do–Check–Act</i>
RCA	<i>Root Cause Analysis</i>
SIGMA	Sistema de Gerenciamento de Manutenção
WCM	<i>World Class Maintenance</i>
5W2H	<i>What, Why, Where, When, Who, How, How much.</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
1. REFERENCIAL TEÓRICO	18
1.1 MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL.....	18
1.2. INDICADORES DE MANUTENÇÃO	19
1.2.1 MTBF	20
1.2.2 MTTR.....	21
1.2.3 DISPONIBILIDADE	22
1.2.4 CONF: CONFIABILIDADE.....	22
1.3 TIPOS DE MANUTENÇÕES.....	24
1.3.1 CORRETIVA.....	24
1.3.2 PREVENTIVA.....	25
1.3.3 PREDITIVA	25
1.3.4 O QUE É FALHA.....	26
1.3.5 CURVA DOS PADRÕES DE FALHA	26
1.4 FERRAMENTAS DE CAUSA E EFEITO.....	27
1.4.1 DIAGRAMA DE ESPINHA DE PEIXE	27
1.4.2 FERRAMENTA 5W2H	28
1.4.3 PDCA	29
1.4.4 FEMEA.....	32
1.4.5 ANÁLISE DE FALHAS POR RCA (“ROOT CAUSE ANALYSIS”):	32
1.5 PRINCIPAIS SOFTWARES DE GESTÃO E ANÁLISE DE DADOS USADOS NA MANUTENÇÃO.....	33
1.5.1 SOFTWARES DE GESTÃO.....	33
1.5.2 SIGMA	34
1.5.3 SAP.....	35
1.5.4 PRISMA	36
1.5.5 SOFTWARES DE ANÁLISE DE DADOS	37

1.5.6 EXCEL	37
1.5.7 POWER BI	38
2. METODOLOGIA	40
2.1 ESTRUTURA DO DEPARTAMENTO DA MANUTENÇÃO	40
2. 2. LEVANTAMENTO DOS ATIVOS	42
2.2.1. PRINCIPAIS ATIVOS DO SETOR DE PENU DE MOTO - PNM.....	42
2.2.2 PRINCIPAIS ATIVOS DO SETOR DE PENU DE BICICLETA – PNB	43
2.2.3 PRINCIPAIS ATIVOS DO SETOR MAT – SF	44
2.3 ATIVOS CRÍTICOS	45
3. IMPLEMENTAÇÃO	46
3.1. PROCEDIMENTOS IMPLEMENTAÇÃO DOS INDICADORES POWER BI ...	46
3.2. INDICADORES EXCEL	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS.....	58

RESUMO

Os indicadores de manutenção, são mecanismos capazes de fornecer informações para mensurar e aprimorar processos de uma indústria. A implementação desses mecanismos torna-se crucial não apenas para a redução dos custos operacionais, mas também para a garantia da segurança, confiabilidade e disponibilidade dos ativos industriais. Neste trabalho são apresentados os principais conceitos sobre os indicadores de manutenção de classe mundial, as ferramentas gerenciais de análise de causa e efeito como PDCA, 5W2H, ISHIKAWA e FEMEA, bem como os principais tipos de manutenção. A presente monografia tem como objetivo a implementação de ferramentas para melhoria desses indicadores por meio dos softwares de análise de dados Power Bi e Excel. A metodologia aplicada embasou-se em pesquisas bibliográficas de revisão das literaturas, levantamento dos dados de paradas de máquinas da fábrica de pneus desde janeiro de 2020 até junho de 2024, análise e tratamento dos dados, implementação das informações nas ferramentas de análise de dados e por fim a elaboração dos dashboards. Como resultados foram desenvolvidos dashboards no Power Bi contendo as informações de panes longas, repetitivas, críticas e panes gerais foi elaborado também um dashboard para MTBF e MTTR. No excel foi criado apenas um dashboard com informações de MTBF, MTTR, Disponibilidade e quantidade de panes em máquinas críticas.

Palavras chaves: análise de dados, confiabilidade, disponibilidade, indicadores de manutenção, Manutenção de Classe Mundial

ABSTRACT

Maintenance indicators are mechanisms capable of providing information to measure and improve processes in an industry. The implementation of these mechanisms becomes crucial not only for reducing operational costs, but also for guaranteeing the safety, reliability and availability of industrial assets. This work presents the main concepts of world-class maintenance indicators, management tools for cause and effect analysis such as PDCA, 5W2H, ISHIKAWA and FEMEA, as well as the main types of maintenance. This monograph aims to implement tools to improve these indicators through data analysis software Power Bi and Excel. The methodology applied was based on bibliographic research of literature review, survey of machine stoppage data at the tire factory from January 2020 to June 2024, analysis and processing of data, implementation of information in data analysis tools and Finally, the creation of dashboards. As a result, dashboards were developed in Power Bi containing information from long, repetitive, critical and general panels, a dashboard was also created for MTBF and MTTR. In Excel, only one dashboard was created with information on MTBF, MTTR, Availability and number of panels on critical machines.

Keywords: *data analysis, reliability, availability, maintenance indicators, World Class Maintenance*

INTRODUÇÃO

A crescente evolução tecnológica e a globalização, exigem que as indústrias otimizem seus processos produtivos visando garantir a máxima eficiência operacional. Para manter a competitividade das fábricas de pneus do polo industrial de Manaus (PIM) não é necessário apenas a fabricação de produtos de alta qualidade, mas também a manutenção eficaz dos equipamentos industriais.

Na manutenção os Índices de Classe Mundial, são indicadores de desempenho dos ativos utilizados por todos os países no mundo. O **MTBF** (*Mean Time Between Failures*), ou Tempo Médio Entre Falhas, está relacionado ao período de irregularidades de um equipamento. O **MTTR** (*Mean Time To Repair*), Tempo Médio de Reparos, é o período médio de demora para realizar uma correção. **CONF**, Confiabilidade de Equipamentos, mensura a capacidade do ativo ao desempenhar uma função durante um determinado período. Já **disponibilidade** é o tempo em que a máquina ou o equipamento ficou à disposição da empresa para desempenhar uma atividade (GOMES, 2018).

Atualmente com a crescente digitalização em nível global gerou-se nas indústrias a necessidade de buscar alternativas tecnológicas para suprir as suas demandas de produção e gestão. Com isso o **Microsoft Excel** continua sendo uma excelente ferramenta para auxiliar nos processos industriais visto que é um software bastante conhecido e está sempre com atualizações inovadoras, outro recurso tecnológico amplamente usado na indústria é o **Microsoft Power BI** com ele é possível gerar gráficos e relatórios em Dashboards que facilitam as tomadas de decisões das empresas. Através do Excel e Power BI foi possível implementar os principais indicadores de manutenção em uma fábrica de pneus do Polo Industrial de Manaus.

As indústrias necessitam também de ferramentas de gerenciais de análise de causa e efeito para se manterem competitivas no mercado, este trabalho aborda de forma resumida essas principais ferramentas, que são o **PDCA** sigla em inglês que significa planejar, executar, verificar e agir, essa ferramenta é muito usada em projetos de melhorias de máquinas. Outra ferramenta é o Diagrama de **ISHIKAWA**, onde é possível encontrar a causa raiz de problemas simples. O **FMEA** é usado para encontrar as possíveis falhas em uma máquina ou equipamento e fazer a classificação dessa falha quanto ao grau de ocorrência e criticidade possuindo uma escala de 1 a 10. O **5W2H** é a junção do 5 PORQUÊS mais 2 COMO, isso estende mais ainda a abrangência dessa ferramenta de encontrar a solução para os problemas (LOBATO; SANTOS, 2023).

Para melhorar os indicadores de manutenção de uma indústria é preciso ter um bom time de manutenção e saber qual tipo de manutenção usar de acordo com a necessidade de cada ativo. A manutenção pode ser dividida em 3 grandes tipos: Corretiva que divide-se em corretiva não planejada que é a correção de um ativo que não estava previsto no escopo da manutenção, a corretiva planejada é aquela feita de forma que a sua execução não afeta a produtividade do ativo. A preventiva que visa realizar a troca e ou limpeza dos principais pontos da máquina. E a preditiva que visa garantir que o equipamento não apresente falhas futuras.

O problema da pesquisa está relacionado com a existência de um gap de conhecimento desses indicadores onde nem todos os gestores de manutenção estão devidamente qualificados para avaliarem os principais KPI's (*Key Performance Indicators*), indicadores-chaves de desempenho corretamente e de forma rápida, por conta disso, acabam perdendo a oportunidade de otimizar a gestão da manutenção.

Como hipótese temos que se for desenvolvida ferramentas para controlar e melhorar os principais indicadores de classe mundial de manutenção, poderíamos determinar datas para realizar correções, melhorar a tomada de decisão e agilizar processos da fábrica de pneus.

O objetivo do trabalho é desenvolver ferramentas para melhoria dos principais Indicadores de manutenção de Classe Mundial, com auxílio de softwares de análise de dados. A implementação dessas ferramentas torna-se crucial não apenas para a redução dos custos operacionais, mas também para a garantia da segurança, confiabilidade e disponibilidade dos ativos industriais.

A implementação de ferramentas gerenciais de cunho tecnológico nas indústrias de pneus mais especificadamente as situadas no polo industrial de Manaus possibilita que essas empresas se tornem mais competitivas pois a análise dos principais indicadores de manutenção através de relatórios simplificados e dashboards facilitam as tomadas de decisões visando obter as melhores oportunidades de melhoria no processo de fabricação dos pneus. Além disso este trabalho contribui como literatura sobre os principais conceitos acerca dos indicadores de classe mundial os quais são de grande importância para melhoria dos processos de manutenção industrial. A pesquisa também gera um incentivo a digitalização das indústrias do Polo Industrial de Manaus visando levar essas empresas no caminho da indústria 4.0.

Buscando uma apresentação de forma clara e objetiva o trabalho está organizado em 4 capítulos, além da introdução, conclusão e referências.

No capítulo 1 - Referencial Teórico: Neste tópico será exibido os principais conceitos de manutenção de classe mundial, os principais tipos de manutenção que são a corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva e preditiva. Abordaremos também os conceitos dos principais indicadores de manutenção o MTBF, MTTR, Confiabilidade e Disponibilidade. Discutiremos sobre a definição de falha de máquina, exploraremos os conceitos de curva da banheira de um ativo, máquina ou equipamento. Discutiremos sobre as ferramentas de análise de causa e efeito PDCA, FMEA, 5W2H, Diagrama ISHIKAWA, e análise de falha por método de causa raiz. Abordaremos sobre os softwares de gestão da manutenção SAP e Prisma bem como será mostrado também os softwares de análise de dados power BI e Excel.

No capítulo 2 – Metodologia: Neste tópico será abordado a metodologia do trabalho que consistiu em realizar um levantamento bibliográfico das literaturas com os conceitos da pesquisa, estudo de caso da fábrica de pneus descrevendo a estrutura da manutenção dessa fábrica, o levantamento dos ativos e a criticidade de cada ativo, a realização dos levantamentos dos dados de paradas de máquina desde janeiro de 2020 até junho de 2024, tratamento desses dados e implementação das ferramentas de análise de dados para geração dos dashboards com os indicadores de manutenção da fábrica de pneus.

No capítulo 3 – Implementação: Neste tópico foi abordado todo o procedimento para implementação dos indicadores de manutenção na fábrica de pneus.

No capítulo 4 - Resultados e Discussões: Neste tópico será abordado os principais resultados, onde como resultado no Power BI foram elaborados quatro dashboards sendo na primeira tela exibido todas as informações das panes gerais ou seja as falhas que aconteceram em todos os setores da fábrica. Na segunda tela é exibido as informações de panes repetitivas por cada setor nela podemos ver quantas panes ocorreram no dia, semana, mês ou ano dependendo do filtro, é possível filtrar também por falha ou por número da ordem de serviço. Na terceira tela temos as informações de panes longas das máquinas contendo os mesmos filtros da segunda tela. Já na quarta tela são exibidos as informações de MTBF e MTTR das máquinas críticas. No Excel foi elaborado um dashboard com as informações de quantidade de panes, MTBF, MTTR e disponibilidade das máquinas críticas onde os dados podem ser filtrados por mês. Por fim foi realizado as análises e discussões sobre as informações contidas nos dashboards com isso foi realizado um pequeno levantamento de uma pane e a partir disso definido uma ferramenta de gestão de análise de causa e efeito para sanar o problema.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL

A Manutenção *Mundial Class* ou Classe Mundial, nada mais é que o *Benchmarking*, junção das melhores práticas em gestão a nível global, para que as indústrias possam seguir, se espelhar, e da melhor maneira gerir uma área, empresa ou organização. (Costa et al. 2021)

De acordo com Oliveira (2022) o conceito de Manutenção de Classe Mundial além de abrangente, resume-se no alcance de cinco elementos básicos, como bem destacam: 1. Se estabelecer como um centro de lucro, 2. Concentrar os seus recursos para obter o maior retorno sobre os investimentos, 3. Evitar e minimizar a manutenção intrusiva, 4. Medir e maximizar os resultados e 5. Empregar um sistema de gerenciamento robusto e eficaz.

O conceito de Manutenção Classe Mundial, trata-se de um método inteligente que as organizações industriais possuem visando evitar falhas cuidando de suas instalações físicas. Nesse o sentido, a manutenção é fazer com que a máquina continue funcionando de acordo com as condições do projeto, pois diante da “economia globalizada dos dias atuais, a sobrevivência das empresas depende de sua habilidade e rapidez de inovar e efetuar melhorias contínuas” (OLIVEIRA, 2022)

Perante este cenário, a Manutenção Classe Mundial precisa atender às necessidades dessas empresas, com destaque para a exigência crescente por qualidade de produtos e serviços assim como a automatização dos processos produtivos (OLIVEIRA, 2022). A manutenção deve buscar constantemente seu aperfeiçoamento afim de organizar-se para “combater os desperdícios, com o objetivo de atingir a eficácia máxima, contribuindo para a competitividade dos produtos e serviços oferecidos pela empresa” (OLIVEIRA, 2022).

Segundo Oliveira (2022) é importante destacar que o nível “classe mundial” é o maior objetivo da manutenção nas organizações industriais. A necessidade de ser vista e reconhecida a nível mundial, faz com que empresas, indústrias e demais organizações se esforcem constantemente para realizarem a manutenção classe mundial para obterem melhores resultados possíveis, ganhando maior destaque entre as inúmeras organizações envolvidas nesse processo.

Contudo, o rótulo “classe mundial” não é o mais importante para a organização, mas sim os benefícios alcançados ele, o qual dá sentido na aplicação de esforço em obter

uma manutenção de nível WCM (*World Class Maintenance*) - Manutenção de Classe Mundial, sendo este nível, portanto, o ápice da Função Manutenção. Desse modo, é muito relevante que as indústrias realizem a Manutenção Classe Mundial, com o intuito de gerar grandes benefícios. (OLIVEIRA,2022).

Para que o objetivo das empresas, que é produzir sempre que solicitado, seja alcançado, precisa-se estabelecer um nível de manutenção de seus ativos, podendo ser um dos objetivos estabelecer o WCM, afirma o autor Oliveira (2022).

Inúmeras são as vantagens de um sistema de WCM, desde definir uma estratégia de manutenção eficaz que mantém uma elevada disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos reduzindo o desperdício de materiais e peças de reposição (FERNANDEZ et al., 2003) até auxiliar na obtenção de zero acidentes no ambiente de trabalho (OLIVEIRA, 2022).

Segundo Oliveira (2022), um outro impacto positivo que pode ser observado nas indústrias que aplicam a Manutenção Classe mundial é a performance do ativo e a significativa redução de custos. O aumento da produtividade também é um dos benefícios desse plano de manutenção. Quando os aparelhos e maquinários possuem manutenções periódicas, faz com que sua vida útil seja prolongada, um outro benefício que pode ser apontado.

Portanto, a Manutenção Classe Mundial além de necessária nas empresas, indústrias e organizações, permite com que ela alcance inúmeros benefícios e seja vista a nível mundial como modelo para as demais. Desse modo, a prática da manutenção sempre será positiva para as indústrias (OLIVEIRA, 2022).

1.2. INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os indicadores de manutenção são essenciais para gerenciar a qualidade da manutenção. E ainda possibilitam a comparação entre os dados da organização com a concorrência, buscando a superação de resultados, por meio de programas de melhoria contínua, e conseqüente aumento da competitividade (GOMES, 2018).

As empresas e organizações devem definir somente os indicadores a serem utilizados no controle da manutenção, com base em dados que acrescentem valor à elas. Gomes (2018) aconselha utilizar a quantidade de indicadores realmente necessária para facilitar a análise deles, além de recomendar indicadores essenciais para a estrutura da organização da manutenção.

Gomes (2018) sugere alguns dos principais indicadores de manutenção como: *Mean Time Between Failure* (MTBF) / tempo médio entre falhas; *Mean Time To Repair* (MTTR) / tempo médio para reparo; Disponibilidade (DISP); Confiabilidade; Manutenibilidade.

1.2.1 MTBF

Pimentel et al. (2012, p. 2) definem MTBF como "o intervalo entre o fim de uma falha funcional e o início de outra". O objetivo do PCM é aumentar o MTBF cada vez mais e como consequência, diminuir a quantidade de manutenções corretivas necessárias (GOMES, 2018).

Gomes (2018) conceitua o *Mean Time Between Failures* (MTBF), como o tempo médio entre as ocorrências das falhas. Eles afirmam que “o intervalo de manutenção pode ser definido como um percentual do MTBF, que por sua vez pode ser calculado através de poucos dados existentes”.

Ainda, é importante ressaltar que o MTBF é utilizado de forma mais eficiente quando aplicado para cada equipamento de forma separada, gerando assim resultados mais reais e facilitando a visualização dos ativos do processo (GOMES, 2018).

O cálculo do MTBF é realizado em horas, como descrito na Equação 1:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número de falhas}} \quad (1)$$

Para Loyla, (2016), de acordo com as análises de distribuição afirma-se que se pode extrair as seguintes definições matemáticas para o tempo médio entre falhas (MTBF – “*Mean Time Between Failures*”) o qual ele define como o valor esperado de tempo médio em que as falhas irão ocorrer, é dado pela equação 2, abaixo:

$$MTBF = E[T] = \int_0^{\infty} tf(t)dt = \int_0^{\infty} C(t)dt \quad (2)$$

Onde: C(t) é a confiabilidade dada pelas equações 6 e 7.

A figura 01 ilustra um exemplo pratico da implementação do MTBF, onde uma máquina ou equipamento rodou por 250 horas antes de ocorrer a 1 falha, em seguida rodou por mais 320 horas e teve a segunda falha por fim rodou mais 180 e teve uma terceira falha, logo o seu MTBF é calculado de acordo com a imagem abaixo. A figura 01 ilustra o calculo do MTBF.

Figura 01. Ilustração e calculo do MTBF

$$MTBF = \frac{250 + 320 + 180}{3} = 250 \text{ Horas}$$



Fonte: adaptado Engteles, 2024

1.2.2 MTTR

Segundo Gomes (2018) o MTTR é a razão das horas de indisponibilidade do equipamento, equação 3, devido à manutenção, pela quantidade de intervenções corretivas. Para o PCM, o resultado do MTTR é melhor, quanto menor for o mesmo, pois indica o tempo gasto pela equipe de manutenção para colocar o equipamento em condições de operar novamente, mostrando o tempo que a produção ficou parada (GOMES, 2018). A figura 02 ilustra o calculo do MTTR.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total de manutenção}}{\text{Número de reparos}} \quad (3)$$

Figura 02. Ilustração e calculo do MTTR



Fonte: Adaptado de Engteles, 2024

1.2.3 DISPONIBILIDADE

A disponibilidade pode ser definida como a "capacidade de um item estar em condições de executar certa função durante um intervalo de tempo determinado, levando em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção " (ABNT, 1994, p. 2).

Para (Gomes, 2018) a função mais utilizada na indústria, segundo Monteiro (2013), é a disponibilidade (D) dos equipamentos, expressa em termos percentuais conforme Equação (4).

$$D(t)\% = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (4)$$

1.2.4 CONF: CONFIABILIDADE

Define-se confiabilidade como a "capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas, durante um dado intervalo de tempo" (ABNT, 1994, p. 3). Portanto, é a probabilidade de não ocorrer falhas durante o funcionamento do equipamento. Esse indicador possui grande importância para a manutenção por indicar riscos de paradas provenientes de falhas que causam na diminuição da disponibilidade do equipamento (GOMES, 2018). Quanto maior a confiabilidade tem-se a confirmação de que a manutenção está sendo executada de maneira eficaz.

De acordo com Menezes et al (2022), a taxa de falhas é entendida como o número de falhas de um equipamento por unidade de tempo. Para o cálculo da taxa de falhas, o MTBF deve ser calculado através do número de dias em bom funcionamento do maquinário. A taxa de falhas é um valor adimensional, denominando conforme a Equação 5:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (5)$$

Sendo assim a confiabilidade é “a probabilidade que um item possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso” (LOYLA, 2022).

$$C(t) = e^{-\lambda t} \quad (6)$$

Onde:

- C (t) = confiabilidade a qualquer tempo;
- e = base dos logaritmos neperiano (e = 2,71828...);
- λ = taxa de falhas;
- t = tempo previsto de operação

A confiabilidade é definida por meio da modelagem de dados históricos de tempos entre falhas em distribuições de probabilidades, com o apoio de um software modelador. A modelagem dos tempos até a falha é, portanto, central em estudos de confiabilidade (GOMES, 2018).

Gomes (2018) afirmam que a confiabilidade depende da probabilidade de sobrevivência a um determinado tempo t de um sistema. A definição de probabilidade está relacionada a modelagem dos tempos até a falha. (GOMES, 2018). Esses tempos são constituídos pelo intervalo em que o sistema inicia sua operação até a ocorrência de uma falha funcional. (GOMES, 2018).

As principais formas de representação da probabilidade podem ser expressas por Exponencial, Weibull, Normal e Lognormal que são usadas para calcular os tempos até a falha dos equipamentos. A forma mais comum é a análise de Weibull, que é uma metodologia utilizada para modelar os dados a partir de um conjunto de valores não negativos. Com isso, é possível gerenciar os estoques de peças de reposição, estabelecer estatisticamente políticas de garantia, nortear o planejamento de manutenção, comparar a confiabilidade de projetos e de produtos concorrentes e realizar previsões sobre a vida de um produto. (LOYLA, 2016)

A confiabilidade é simbolizada pela Equação (7) a partir da função densidade de probabilidade.

$$C(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt \quad (7)$$

Onde: a) C (t) é função confiabilidade;

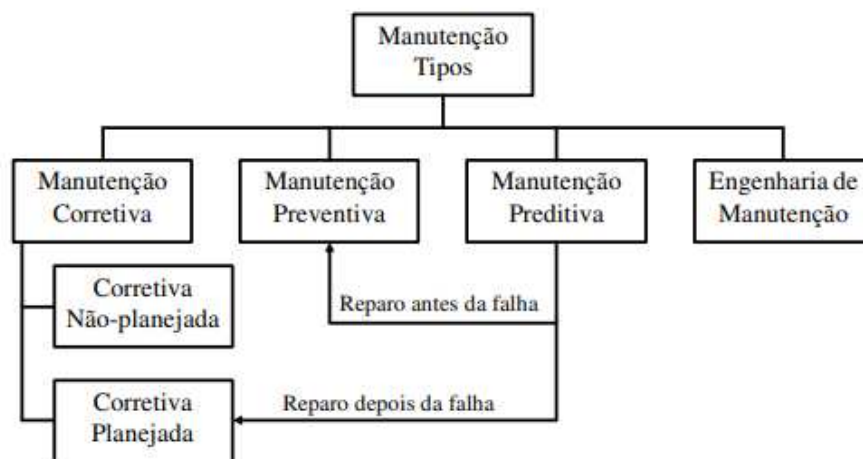
b) A variável f (t) é a função da densidade de probabilidade (f. d. p.) característica da distribuição;

c) A variável t é o período de vida útil.

1.3 TIPOS DE MANUTENÇÕES

A manutenção industrial é uma prática fundamental para garantir que as máquinas e equipamentos de uma fábrica ou indústria funcionem corretamente, evitando falhas e otimizando a produção. Existem três tipos principais de manutenção industrial: preventiva, corretiva e preditiva. Cada uma delas tem características específicas, e seu uso depende do tipo de equipamento, dos objetivos da empresa e do orçamento disponível. A figura 02 ilustra de forma resumida esses principais tipos de manutenções.

Figura 03. Tipos de manutenção



Fonte: adaptado de Engteles, 2024

1.3.1 CORRETIVA

(PIERETTI et al, 2020) A manutenção corretiva tem por objetivo fazer funcionar até que as máquinas quebrem, assim a equipe de mantenedores atua para solucionar o problema. Porém essa manutenção se subdivide em dois tipos que são identificadas e tratadas de maneira diferentes, sendo eles:

Corretiva planejada – Quando é escolhido por meio de conversas da gerência que se ligue o equipamento até que ele tenha uma parada e seja necessário que seja feita a intervenção pelos mecânicos ou eletricitistas da planta.

Corretiva não planejada – Esse é o tipo de manutenção mais prejudicial para a empresa como um todo, impacta em produtividade e falta de confiabilidade para o

sistema, sendo assim custoso para a empresa, e menos produtivo, tem como finalidade a intervenção nos equipamentos apenas após as falhas acontecerem, quando quebra todos os mecânicos e eletricitas que estão à disposição da planta, buscam solucionar o problema.

1.3.2 PREVENTIVA

A preventiva é uma manutenção que visa deixar evidente que antes da recuperação da máquina é mais viável deixar ela disponível sem que haja a intervenção em momentos em que a mesma deveria estar disponível, sendo esse um avanço muito grande para a manutenção industrial, diminuindo o chamado tempo de parada não planejado do equipamento. As manutenções preventivas precisam seguir ações sistêmicas que garantam a partida da máquina, e ainda influenciem no maior tempo de disponibilidade da máquina, evitando ao máximo possíveis intervenções no mesmo equipamento. (PIERETTI et al, 2020).

Como exemplo de manutenção preventiva tem-se a troca de filtros em sistemas de ventilação: Filtros de ar, por exemplo, podem acumular sujeira e comprometer a eficiência do sistema de ventilação. A manutenção preventiva prevê a troca regular dos filtros, antes que eles se tornem obsoletos e causem danos no sistema. Lubrificação de motores: Manter os motores industriais bem lubrificados de acordo com um cronograma preestabelecido para garantir que suas peças móveis não se desgastem prematuramente.

1.3.3 PREDITIVA

A manutenção preditiva utiliza de meios que sejam possam definir, quando acontecerá a falha naquele ativo, utiliza o meio técnico, sendo por equipamentos que possam medir esse tipo de falha, ou do parecer técnico de uma pessoa que tenha vasto conhecimento na área de manutenção. (PIERETTI et al, 2020).

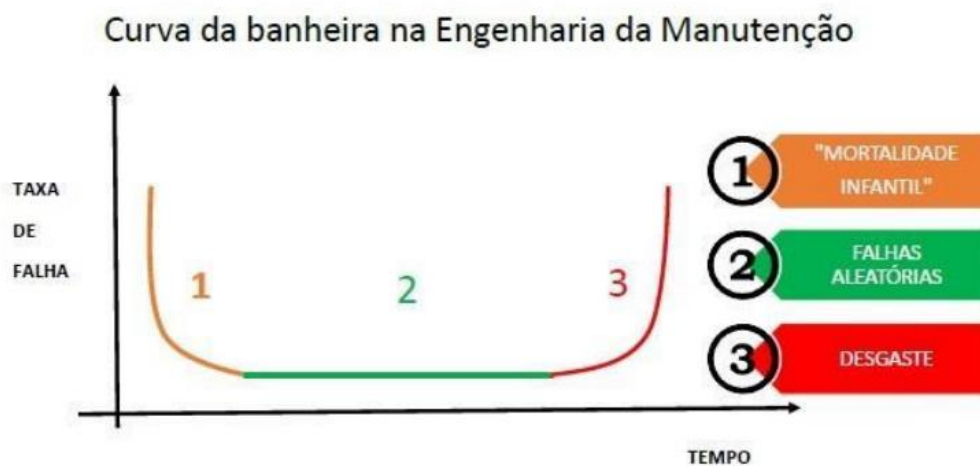
1.3.4 O QUE É FALHA

Uma falha representa a suspensão ou mudança da capacidade de um item realizar uma função determinada ou esperada. Acrescentando esta definição, as falhas podem ser classificadas sob diferentes condições, tais como origem, extensão, velocidade, manifestação, criticidade ou idade. (Engeteles 2024)

1.3.5 CURVA DOS PADRÕES DE FALHA

De acordo com Engeteles, 2024 a análise da curva de padrão de falhas permite classificar os tipos de comportamentos anormais de materiais e equipamentos, e, por meio destes, identificar as atividades preventivas e corretivas adequadas a cada tipo. A classificação se dá por meio da concepção de taxa de falha, obtida por meio de gráficos pré-determinados, antes e durante a ocorrência de falhas, por meio de coleta de dados estatísticos. Foi classificado essas características dentro das 4 fases da curva da banheira:

Figura 04. Curva da banheira



Fonte: Adaptado de Engeteles 2024

Fase da mortalidade infantil - Falha de desgaste ou quebras dominadas por membros mais frágeis relacionados a problemas como defeitos de fabricação e erros de instalação/manutenção/inicialização;

Período de vida útil - Falhas randômicas, dominada por falhas ocasionais causadas por tensões súbitas, condições extremas, erros humanos aleatórios. São falhas que não são deduzidas pelo tempo durante a “vida útil” da máquina ou equipamento;

Período de desgaste - São falhas de deterioração, dominada por problemas decorrentes no fim de vida útil da máquina ou equipamento.

Com base nesse entendimento das falhas e sua relação com a curva da banheira, podemos dizer que os modos de falha de máquinas e equipamentos podem exibir certos padrões diferentes. E identificar esses padrões é muito importante para determinar as estratégias de manutenção apropriadas (Engteles,2024).

1.4 FERRAMENTAS DE CAUSA E EFEITO

1.4.1 DIAGRAMA DE ESPINHA DE PEIXE

A ferramenta denominada espinha de peixe ou diagrama de espinha de peixe, ou simplesmente 6M, ilustrado na figura 5. É uma técnica simples e eficaz na enumeração das possíveis causas de um determinado problema. “As causas são agrupadas em famílias para facilitar sua análise, sendo relacionadas com o efeito causado de forma visual e clara”. (MARIANE, 2005)

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, é uma ferramenta de qualidade desenvolvida por Kaoru Ishikawa na década de 1960. Este diagrama é utilizado para identificar, explorar e representar graficamente as possíveis causas de um problema ou efeito específico.

A Estrutura do Diagrama de Ishikawa está dividida nas seguintes partes: **Cabeça do Peixe:** Representa o problema ou efeito que se deseja investigar. **Espinha Dorsal:** Uma linha horizontal que se estende da cabeça do peixe, é a principal linha que conecta todas as causas ao problema. **Espinhas Grandes:** Linhas diagonais que saem da espinha dorsal, cada uma dessas linhas representa uma categoria principal de causas. **Espinhas Pequenas:** Linhas menores que saem das espinhas grandes, representando causas mais específicas ou sub-causas dentro de cada categoria principal (Engteles,2024).

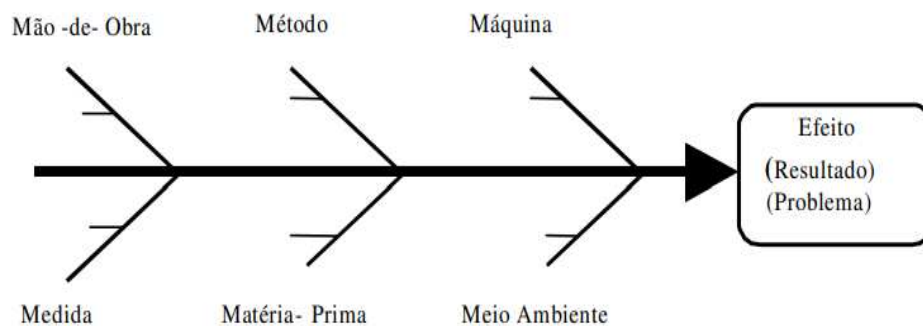
As Categorias Principais ou 6Ms são: **Métodos:** Processos ou procedimentos utilizados no trabalho. **Máquinas:** Equipamentos, ferramentas ou tecnologia utilizada. **Materiais:** Matérias-primas, componentes ou suprimentos. **Mão de Obra:** Pessoas, habilidades, treinamento e atitudes. **Meio Ambiente:** Condições físicas, localização, tempo, cultura organizacional. **Medição:** Inspeção, calibração e controle de qualidade.

Aplicações do Diagrama de Ishikawa: **Definição do Problema:** Especificar claramente o problema ou efeito que se deseja investigar. **Identificação das Categorias Principais:** Selecionar as categorias principais de causas que se aplicam ao problema. **Brainstorming de Causas:** Realizar uma sessão de brainstorming com a equipe para

identificar todas as possíveis causas e sub-causas para cada categoria. **Organização das Causas:** Organizar as causas e sub-causas no diagrama, conectando-as à espinha dorsal e às espinhas grandes. **Análise:** Analisar o diagrama para identificar as causas mais prováveis do problema e desenvolver um plano de ação para abordar essas causas. (Engteles,2024).

O Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta poderosa para a análise de problemas, pois ajuda a visualizar todas as possíveis causas de um problema de forma organizada e sistemática, facilitando a identificação de soluções eficazes.

Figura 5 - Diagrama Espinha de Peixe



Fonte: adaptado de (Mariani, 2005)

1.4.2 FERRAMENTA 5W2H

A ferramenta 5W2H proporciona o auxílio no planejamento das atividades de uma empresa ou setor específico, a matriz 5W2H pode ser utilizada na etapa de planejamento de ações e tomada de decisões, considerando as 07 (sete) questões que oferecem informações gerenciais por meio das definições de responsabilidades, métodos, prazos, objetivos e recursos associados (LOBATO; SANTOS, 2023).

Segundo Lobato; Santos (2023) A matriz 5W2H possui como objetivo descrever um plano de ação ou planejamento de uma maneira de fácil compreensão dos usuários dessa ferramenta que também pode ser utilizada como ferramenta da qualidade.

No processo de elaboração do planejamento estratégico de um setor que é baseado na ferramenta 5W2H torna-se necessário realizar uma reunião com todos os colaboradores daquele determinado setor que se envolverem com o LOBATO; SANTOS, 2023).

O 5W2H, ilustrado no quadro 1, teve a sua introdução no Japão como auxiliadora das ferramentas de (PDCA) que é derivada do Plan-Do-Check –Act, a ideia do 5W2H facilitou a visão das tomadas de decisões das empresas (ARRUDA, 2022). “Todos

os passos do planejamento desenvolvido por um setor devem ser organizados de uma forma que seja fácil a visualização do projeto pelos gestores e stakeholders” (LOBATO; SANTOS, 2023).

Quadro 1. Descrição do 5W2H

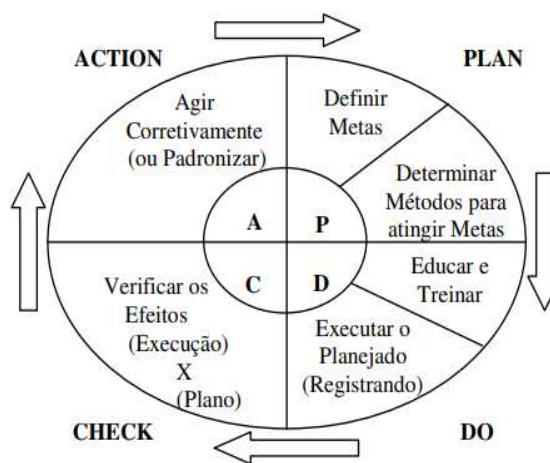
O que é WHAT	Categoria de coisa, objeto, fenômeno, ação, nome, identificação, significado, acontecimento, entidade, essência, conceito, relacionamento.
Quem WHO	Sujeito da ação, protagonista, responsável, influenciador, decisor, interessado.
Porque WHY	Causa, motivo, esclarecimento, explicação, justificação, razão, motivo.
Quando WHEN	Momento, ocasião, época, data, hora, período, frequência, duração, enumeração.
Onde WHERE	Ambiente, local, posição, parte, ponto, plano, nível, região, empresa.
Como HOW	De que modo, de que maneira, de que forma, de que jeito.
Quanto WHO	Quantidade, valor, total, número, preço, medida, proporção, enumeração.

Fonte: Cicico (2021)

1.4.3 PDCA

Método é “uma palavra de origem grega composta pela palavra meta, que significa “além de”, e pela palavra hodos, que significa caminho”. Portanto, o método significa “caminho para se chegar a um ponto além do caminho” (MARIANI, 2005). A figura 6 abaixo ilustra o caminho PDCA para chegar ao objetivo.

Figura 6 - Ciclo PDCA



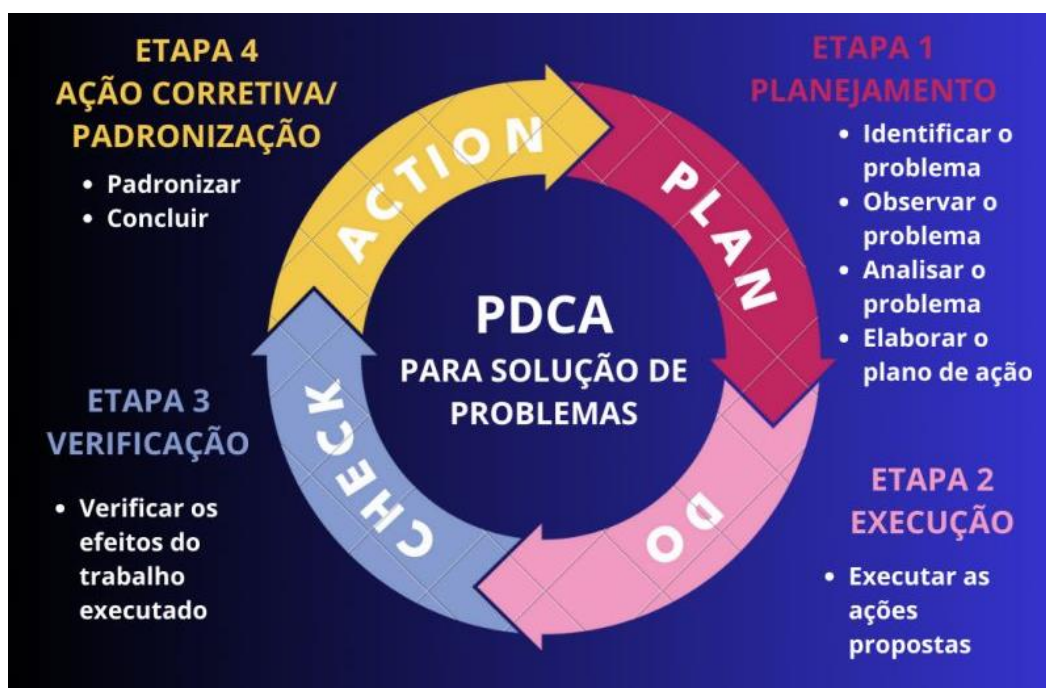
Fonte: (CAMPOS, 1992)

A preocupação com o uso de métodos sejam eles quantitativos ou qualitativos, pode ser observada em diversos estudos científicos. Para Pereira (2004) apud Mariane (2005), por exemplo, eles constituem uma ferramenta de agrupar resultados e obter uma melhor compreensão geral sobre um fenômeno que foi analisado. (MARIANE, 2005)

De acordo com Mariane (2005) o método PDCA é utilizado pelas organizações para gerenciar os seus processos internos de forma a garantir o alcance de metas estabelecidas, tomando as informações como fator de direcionamento das decisões.

Segundo Crispin (2024) O ciclo PDCA é uma ferramenta poderosa para promover a excelência operacional e aprimorar constantemente os processos organizacionais, permitindo às empresas adaptarem-se às mudanças do mercado e alcançarem melhores resultados de forma sustentável. A figura 7 ilustra de forma mais detalhada cada ciclo da ferramenta PDCA.

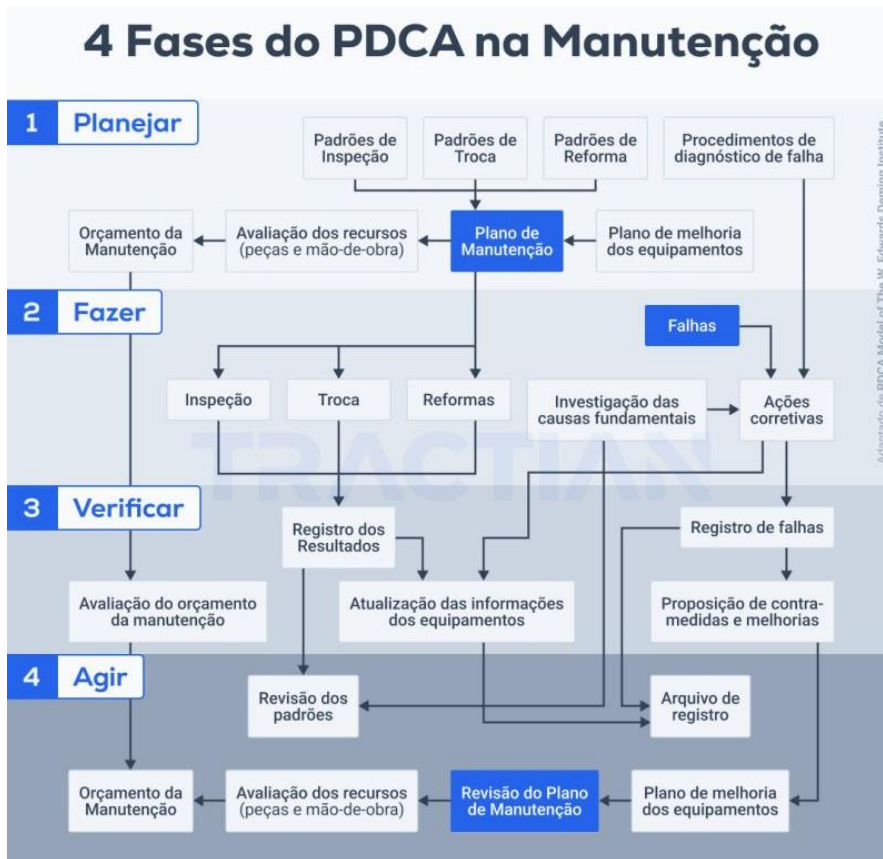
Figura 6 – Detalhamento do Ciclo PDCA



Fonte: Engteles,2024

Ele também ajuda a organizar processos na manutenção e aumentar a confiabilidade, disponibilidade e usabilidade dos ativos, por mantê-los funcionando por mais tempo. (TRACTIAN, 2024)

Figura 8– Fases do PDCA



Fonte: Tractian, 2024

P - Plan (Planejar): Nesta etapa, são estabelecidos os objetivos e metas a serem alcançados, identificando os problemas a serem resolvidos e definindo as estratégias e planos de ação necessários.

D - Do (Executar): Aqui, os planos estabelecidos na etapa anterior são colocados em prática. As ações são executadas conforme o planejado, envolvendo as pessoas responsáveis pela implementação das mudanças.

C - Check (Verificar): Após a execução das ações, é feita uma verificação dos resultados obtidos em relação aos objetivos estabelecidos. São realizadas avaliações e medições para verificar se as metas foram atingidas e se as ações foram eficazes.

D - Act (Agir): Com base na análise dos resultados verificados, nesta etapa são tomadas as medidas necessárias para corrigir eventuais desvios, consolidar os acertos e implementar melhorias contínuas no processo. As lições aprendidas são utilizadas para retroalimentar o ciclo e iniciar uma nova rodada de melhorias (Tractian, 2024).

1.4.4 FEMEA

Segundo Costa (2023) a ferramenta FMEA (“*Failure Mode and Effects Analysis*”): essas análises são um conjunto de um método sistemático para identificar e avaliar os modos de falha possíveis em um sistema e os efeitos dessas falhas. Para Costa (2023), o FMEA cujo exemplo de aplicação está ilustrado no quadro 2, é uma técnica de engenharia utilizada durante o processo de desenvolvimento de produtos para identificar modos de falhas potenciais, dentre os objetivos do FMEA está analisar efeitos e causas das falhas, além de avaliar o risco de cada modo de falha e definir as ações para evitar ocorrências futuras.

Quadro 2. Quadro FEMEA

Classificação	Ocorrência	Crítérios
1	Muito alta	Quase certo que será detectado
2	Alta	Alta probabilidade de detecção
3		
4		
5	Média	Chance média a moderada de detecção
6		
7		
8	Baixa	Baixa probabilidade de detecção
9		
10	Rara	Detecção altamente improvável

Fonte: Cicico (2021)

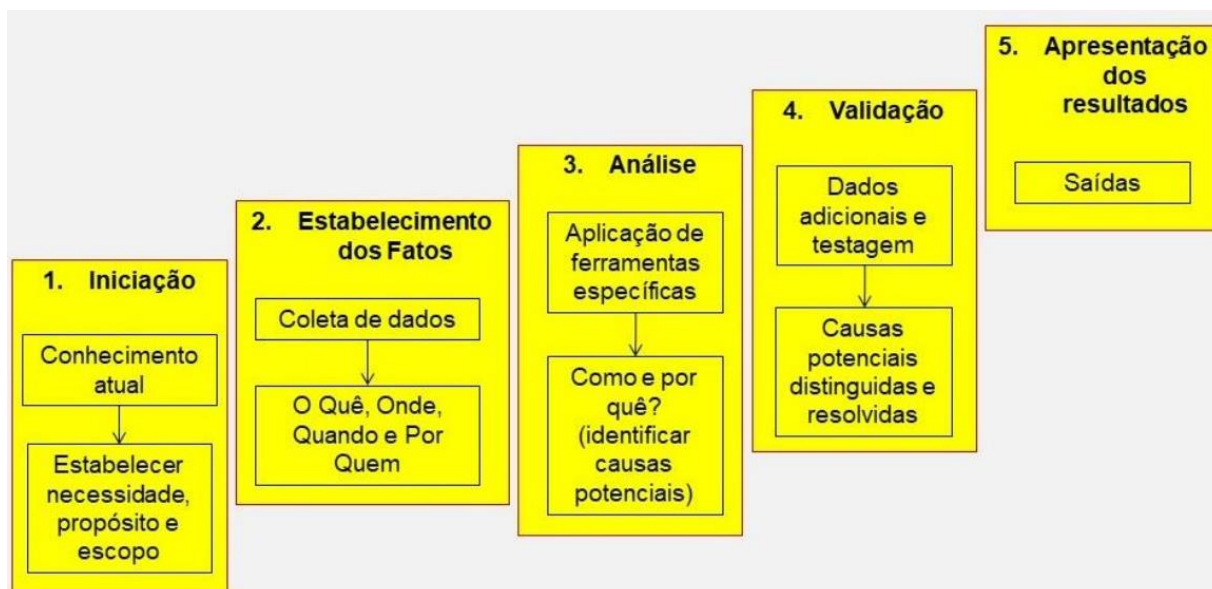
O departamento de engenharia de análise de falhas avalia cada modo de falha possível para determinar a probabilidade de que ele ocorra e o impacto que teria no sistema. A equipe também identifica medidas preventivas e de mitigação para cada modo de falha. “A análise de falhas por FMEA é comumente utilizada na indústria automotiva e aeroespacial para garantir a segurança e confiabilidade de produtos”. (COSTA, 2023).

1.4.5 ANÁLISE DE FALHAS POR RCA (“ROOT CAUSE ANALYSIS”):

A análise de falhas por RCA (figura 1) é um método para identificar a causa raiz de um problema em um sistema ou processo. A equipe de análise de falhas trabalha retroativamente a partir do evento indesejado, identificando todas as possíveis causas. (COSTA, 2023). Cada causa é avaliada para determinar a probabilidade de que ela tenha contribuído para o evento indesejado. Conforme Costa (2023), para que haja a aplicação do RCA, é necessária a utilização de uma combinação de técnicas, permitindo uma maior

exatidão na identificação da causa raiz: diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa; cinco porquês e reunião de análise causal (brainstorming).

Diagrama 1. Método de Análise de Falha Por Causa Raiz



Fonte: Cícico (2021)

1.5 PRINCIPAIS SOFTWARES DE GESTÃO E ANÁLISE DE DADOS USADOS NA MANUTENÇÃO.

1.5.1 SOFTWARES DE GESTÃO

“Software é basicamente um programa que comanda o funcionamento de um computador, e esse conceito aplicado na manutenção de processos industriais é muito efetivo”. (FREDERICI; NETO, 2022)

Segundo Frederici e Neto (2022) um dos principais objetivos dos softwares de manutenção é o planejamento e agendamento de uma manutenção de forma eficiente para que a empresa tenha uma economia de tempo, além de controle de estoque e reposição. Com isso, ela tem um salto de produtividade e uma modernização de seus processos, fazendo com que tudo se torne mais simples e prático, além de uma maior segurança.

Na manutenção o software de gerenciamento deve ser adaptado de acordo com a sua situação real para poder atingir seus objetivos e trazer melhorias nos métodos de manutenção e permitir um bom planejamento, ganhos de eficiência e custos mais baixos

para que possa realmente ser totalmente funcional e ser uma vantagem competitiva para a organização. (FREDERICI; NETO, 2022)

Frederici e Neto (2022) afirma que o software de gestão de manutenção é uma ferramenta sistemática de manter o processo e entregar ótimos resultados, e sua implementação exige investimento e comprometimento da equipe de manutenção durante a fase de adaptação e a fase de monitoramento de rotina, conforme os padrões de manutenção são definidos com base no conhecimento do equipamento e experiência de técnico de manutenção.

Assim, é possível seguir a metodologia que se adequa às reais necessidades da empresa que fornece e apresenta informações suficientemente necessárias para a otimização dos processos com mais segurança e eficiência. O software de gerenciamento de manutenção é a ferramenta básica para o controle da empresa a fim de obter mais bem resultados no desempenho do produto. (FREDERICI; NETO, 2022).

1.5.2 SIGMA

O SIGMA – Sistema de Gerenciamento de Manutenção ilustrado na figura 10, foi lançado no mercado nacional em 01 de maio de 1987, por técnicos e engenheiros especializados em manutenção industrial. O software possui recursos para sua utilização através da WEB, em linguagem PHP e *asp.net* para a abertura e acompanhamento de solicitações e ordens de serviços. Seu módulo voltado para a operação em rede local foi desenvolvido na linguagem DELPHI, versão 2010. (FREDERICI; NETO, 2022)

Ele Possui recursos de SQL, criação em multicamadas. Funciona em rede, de forma multiempresa e multiusuária e não possui qualquer limitação para número de usuários ou estações de trabalho simultâneas. Os sistemas de gestão da manutenção são sistemas desenvolvidos para atender todos os setores que visam planejar e controlar a manutenção, seja indústria, assistência técnica, estruturas prediais, hotéis, hospitais, etc. (SIGMA, 2022)

Figura 10 - Tela inicial do software SIGMA



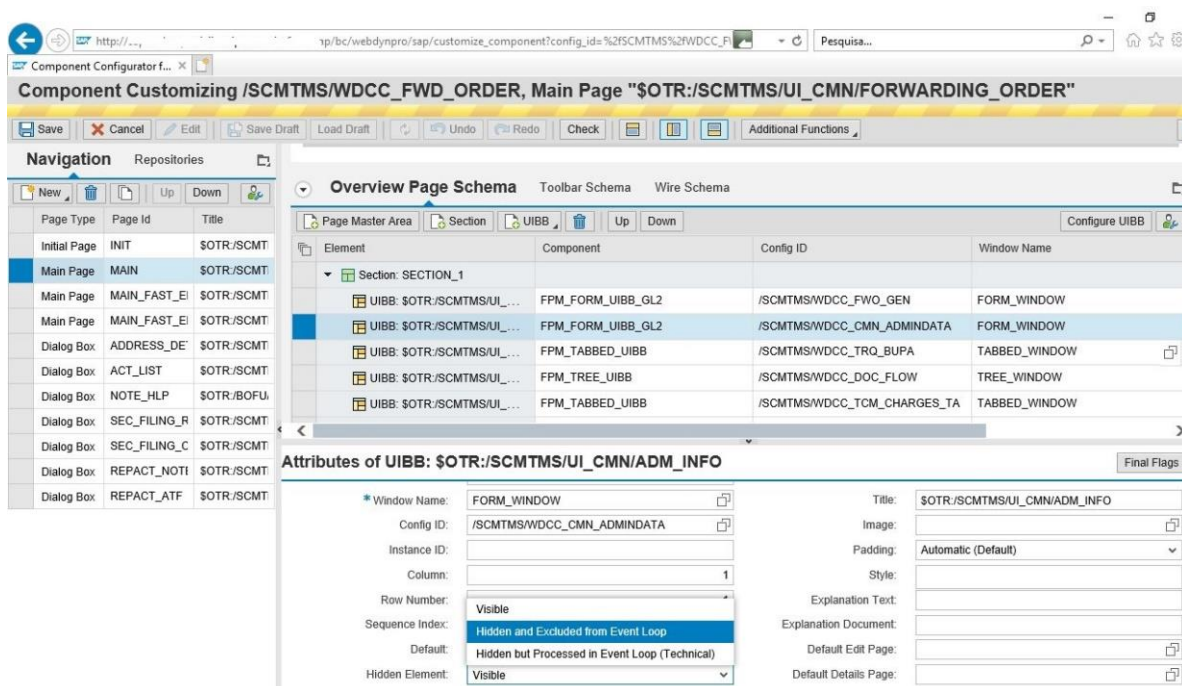
Fonte: Rede industrial, 2024

1.5.3 SAP

Gonçalves (2022) aborda que o *SAP Business Objects* (figura 11) é um pacote centralizado de geração de relatórios, visualização e compartilhamento de dados. Oferecendo uma plataforma completa de funcionalidades de BI, variando desde relatórios, consultas, análises, painéis e visualização, até recursos de descoberta e análise preditiva avançada, assim como, funcionalidades para extrair, transformar e carregar dados. Ele possui infraestrutura de informações que permite o departamento de TI estender o BI a qualquer aplicativo ou processo em qualquer ambiente.

Os relatórios finais podem ser entregues via *SAP Business Objects Enterprise* e Documentos do *Microsoft Office*, permitindo que os usuários realizem consultas e análises de relatórios sem ter que entender linguagens de banco de dados complexas. (GONÇALVES, 2022);

Figura 11 - Interface do software SAP



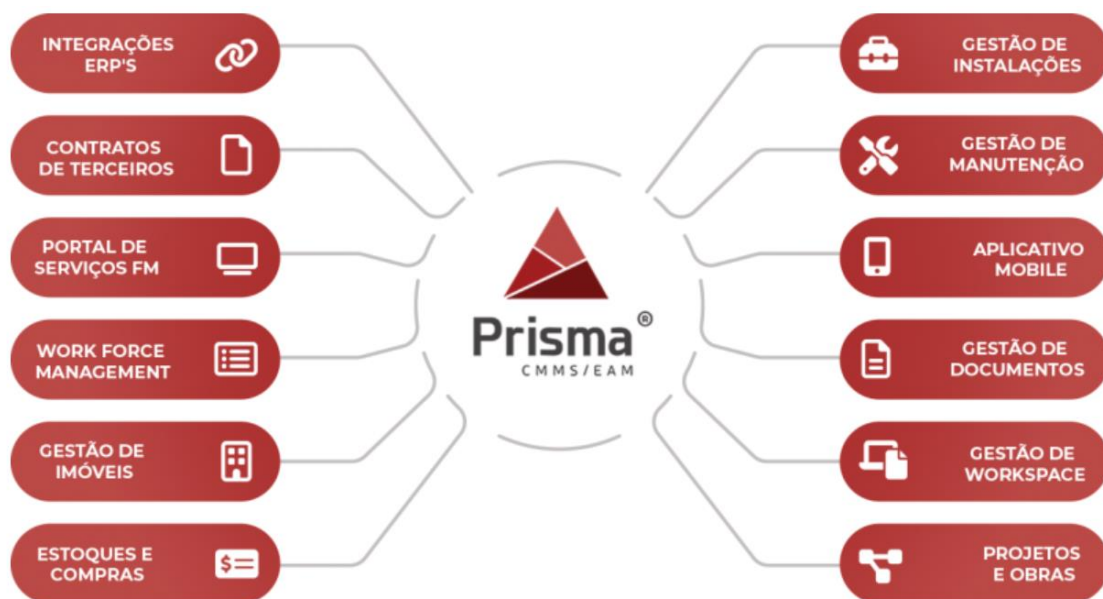
Fonte: SAP, 2024

1.5.4 PRISMA

O software Prisma é uma ferramenta de referência em gestão de *Facilities*, confiável e robusto, com vasta funcionalidade e meios de integração de recursos externos, na figura 10 é possível verificar algumas das funcionalidades do sistema Prisma. Sua utilização é simples e personalizada para cada perfil de usuário, proporcionando uma implantação de excelência nos mais diversos segmentos. Em uma configuração em que se privilegia a máxima confiabilidade dos recursos produtivos, o Prisma oferece elementos fundamentais como um CMMS robusto e com amplas funcionalidades.

Na área de manutenção a ferramenta apresenta uma solução completa e confiável para a gestão dos equipamentos industriais. Com ele é possível acompanhar todo o processo, evitando paradas não programadas, aumentando assim a disponibilidade operacional. (Prisma, 2024)

Figura 12 - Ilustração das ferramentas inseridas no software Prisma



Fonte: <https://aditiva-sistemas/prisma>, 2024

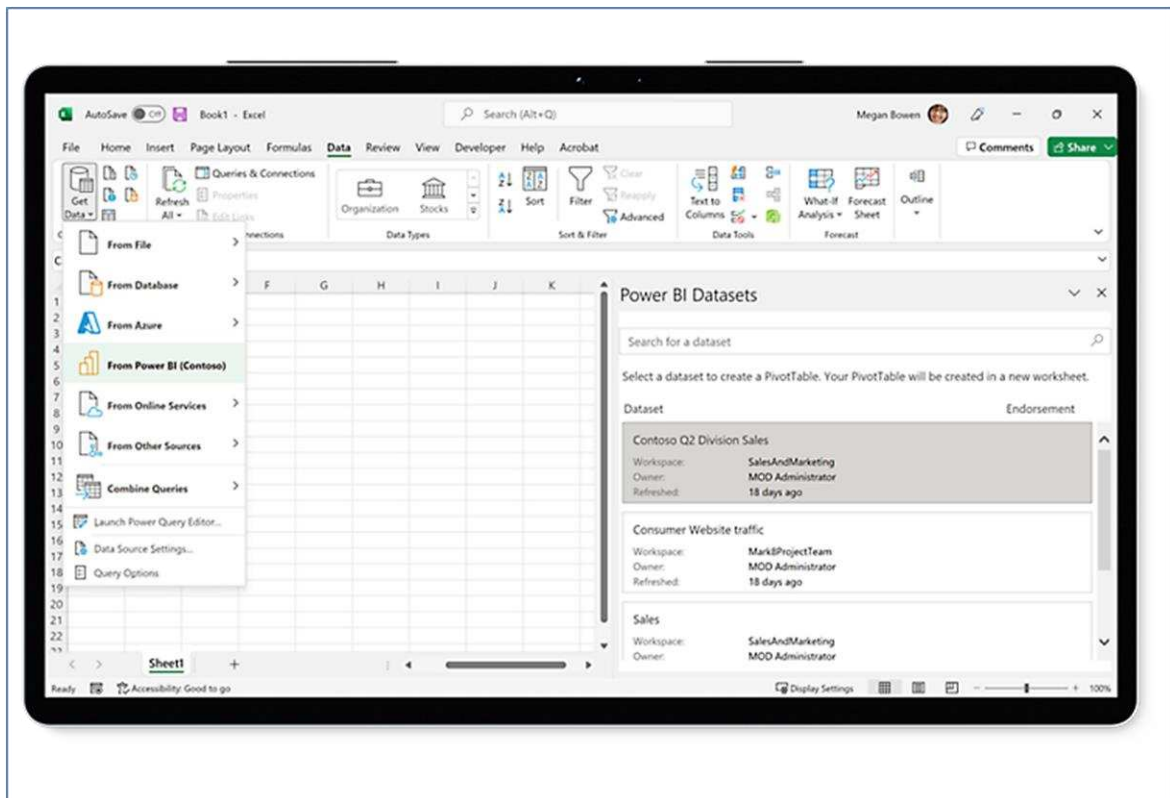
1.5.5 SOFTWARES DE ANÁLISE DE DADOS

1.5.6 EXCEL

Para Costa (2023) O *Excel* é um software de planilha eletrônica muito utilizada no mundo para gerenciamento e análise de dados. Possui uma interface amigável e diversas ferramentas de análise e visualização, o *Excel* é um recurso essencial para empresas, profissionais e estudantes que precisam trabalhar com dados de forma eficiente e organizada.

Esse programa oferece uma vasta gama de recursos para criação de planilhas, gráficos, tabelas dinâmicas e outras ferramentas de análise de dados. Por meio do Excel, é possível trabalhar com grandes volumes de dados de forma fácil e rápida, utilizando funções e fórmulas pré-definidas ou criando suas próprias fórmulas personalizadas. Além disso, ele permite a importação e exportação de dados em diferentes formatos, o que facilita a integração com outros softwares e sistemas, estas funcionalidades estão ilustradas na figura 11. (COSTA, 2023).

Figura 11 - Interface do Excel



Fonte: Microsoft Excel, 2024

1.5.7 POWER BI

O Power BI é um software da categoria BI, desenvolvido pela Microsoft, uma das maiores empresas do setor de tecnologia. Esse software é capaz de analisar bilhões de dados, seja qual for a fonte, tratá-los e deixá-los prontos para apresentação em dashboards ou relatórios online. A seguir serão expostos os principais conceitos e recursos do software. Segundo o site oficial da Microsoft (2022), o Power BI é “uma coleção de serviços de software, aplicativos e conectores que trabalham juntos para transformar dados em informações coerentes, visualmente envolventes e interativas”. Lançado em junho de 2015, concebido segundo o conceito de SSBI, o Power BI oferece várias alternativas de conectividade com dados como planilhas do Excel, banco de dados do SQL Server Analysis Services, Google Analytics, Banco de dados do SAP, banco de dados do Oracle, redes sociais, PDF, Texto/CSV, JSON, GitHub, entre outras variadas fontes.

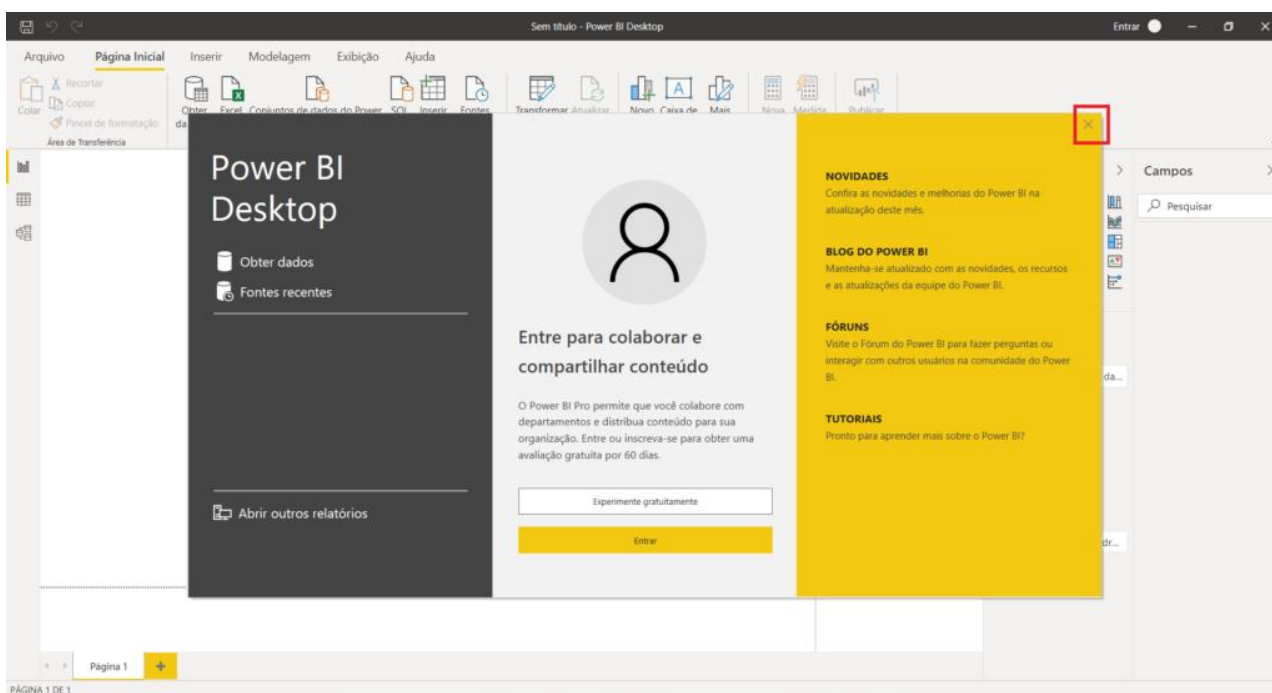
O principal benefício do BI para uma organização é a capacidade de fornecimento de informações precisas quando necessário, permitindo ainda uma visão instantânea do desempenho da corporação e de suas divisões. Estas informações suportam a tomada de

decisões e o planejamento estratégico das companhias, aumentando sua chance de sucesso em seu mercado de atuação. (GONÇALVES, 2022).

Gonçalves (2022) constatou, através de pesquisas com mais de 500 organizações, que, no ponto de vista dos membros das empresas, as principais vantagens do BI são a economia de tempo, a obtenção de uma única verdade, a obtenção de melhores estratégias e planos, a melhoria nas decisões táticas, melhoria na eficiência dos processos e redução de custos. Logo, os principais benefícios do BI são a geração de relatórios mais rápida e precisa, a melhoria na tomada de decisões, a melhoria no serviço prestado ao cliente e uma maior receita.

O Software Power BI permite, além da geração de relatórios, tratar os dados e transformá-los em informações objetivas, personalizadas conforme a demanda do usuário final. Na Figura 14, pode-se visualizar a tela de inicialização do Power BI. (GONÇALVES, 2022).

Figura 14 - Tela inicial do Power BI

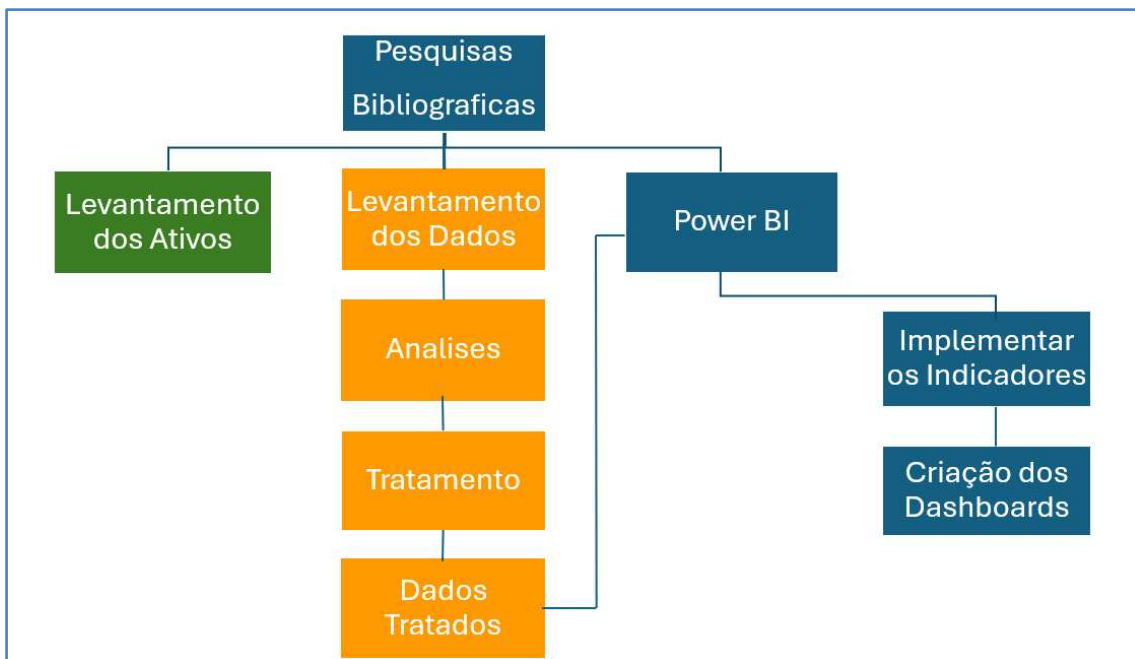


Fonte: adaptada de Microsoft Power BI, 2024

2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada embasou-se em pesquisas bibliográficas de revisão das literaturas, levantamento dos dados de paradas de máquinas da fábrica de pneus desde janeiro de 2020 até janeiro de 2024, análise e tratamento dos dados, implementação das informações na ferramenta de análise de dados como ilustrado na figura 15. Por fim serão apresentados os resultados a partir de relatórios e dashboards na ferramenta da Microsoft Power BI, e assim finalmente realizarmos as discussões sobre a eficácia da implementação desses conceitos softwares de manutenção para melhoria do desempenho dos ativos, aumento da produtividade e redução dos custos de manutenção da fábrica de pneus.

Figura 15 - Ilustração da Metodologia do Trabalho



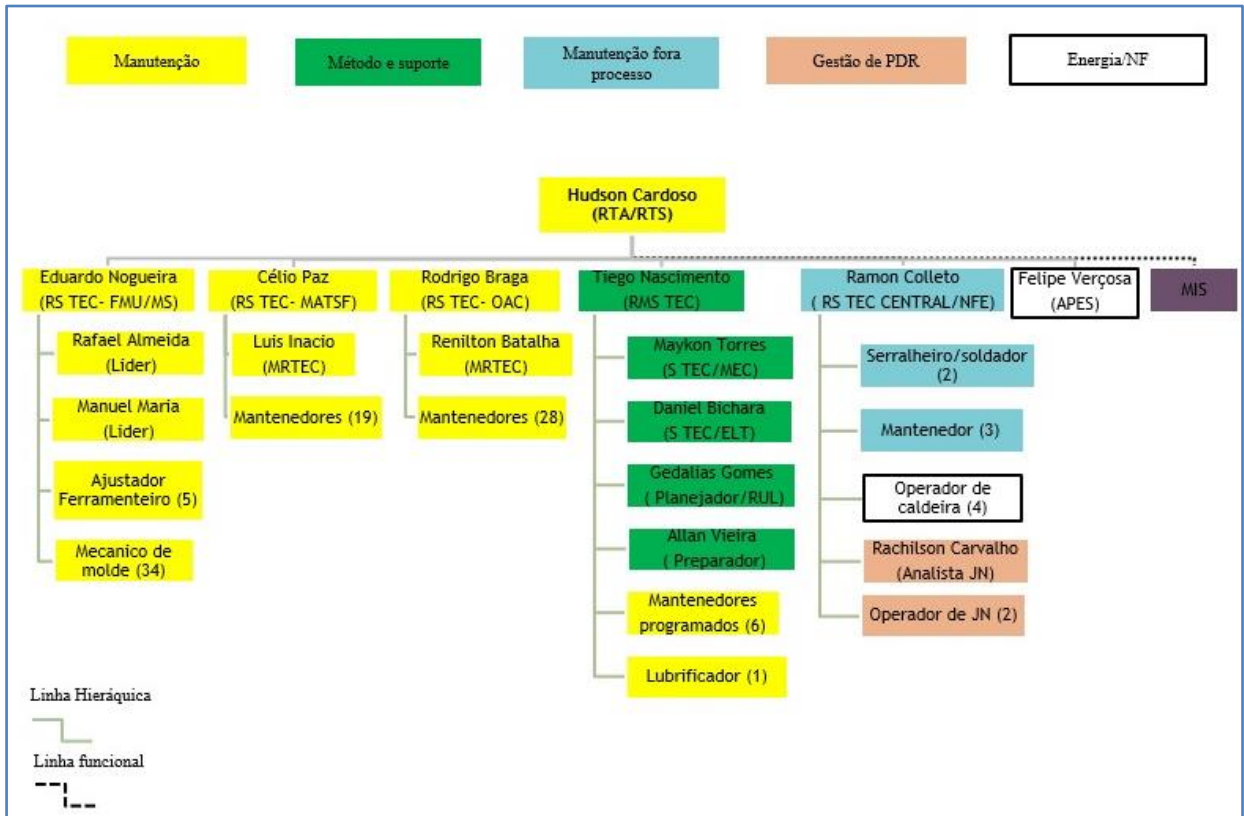
Fonte: própria

2.1 ESTRUTURA DO DEPARTAMENTO DA MANUTENÇÃO

Esta indústria atua no Pim na fabricação de pneus de moto e bicicleta ela é dividida em 3 grandes setores PNM (fabricação de pneu de moto), PNB (fabricação de pneu de bicicleta) e MAT/SF que é o setor responsável por fornece toda a matéria prima para o PNM e PNB funcionar. Desde o processo de recebimento da matéria prima até a

fabricação final dos pneus é necessário o pleno funcionamento de vários ativos tais como cortadeiras, extrusoras, calandras, misturadores, confeccionadoras, prensas e outros. A estruturação da manutenção desta indústria está ilustrada na figura 16.

Figura 16. Organograma da manutenção da Fábrica de pneus



Fonte: Autor

Manutenção:

Esse departamento é composto pelo Gerente e Supervisores de manutenção de cada setor (PNM, PBN E MAT/SF), bem como responsáveis técnicos e mantenedores. Eles são responsáveis pelas manutenções corretivas, inspeções diárias e projetos de melhoria e eficiência das máquinas dos seus setores.

Método e Suporte:

Nesse setor tem-se o supervisor, os especialistas técnicos mecânico e eletricitas, planejador, preparador e mantenedores.

O planejador atua em conjunto com o preparador que é o responsável pela preparação das manutenções preventivas dentre suas atribuições está: levantamento e compra do material a ser utilizado, organização de todos os itens que serão usados por

manutenção em cada ativo, levantamento do tempo estimado para realização de cada atividade, gestão e suporte aos mantenedores.

Manutenção Fora Processo:

Na manutenção fora processo tem-se o supervisor, os soldadores/serralheiros, mantenedores, analista de estoque e operadores de estoque. Este departamento é responsável pela parte de utilidade da fábrica tais como manutenções prediais, solda e serralheria.

Gestão de PDR:

Na gestão de PDR tem-se o técnico especialista que é responsável por fazer as análises de criticidade dos PDR, levantamento da proporção de itens PDR que devem estar armazenados no estoque, cadastro dos itens, gestão e suporte técnico aos analistas e operadores de estoque.

Energia e NF:

No setor de Energia tem-se analista de eficiência energética que é responsável por toda a análise de consumo de energias do site (Elétrica, vapor e ar comprimido), bem como atua em implementações de projetos que visam reduzir o consumo de energia e aumentar a eficiência energética da fábrica.

2. 2. LEVANTAMENTO DOS ATIVOS

A empresa está dividida em 3 grandes setores, o de fabricação de pneus de moto PNM, o de fabricação de pneus de bicicleta PNB e o MAT SF que é o responsável por fornecer a matéria prima para os outros dois setores. É importante também definir os ativos críticos os quais são as máquinas gargalo, ou seja, são ativos que não podem interromper seu funcionamento pois leva o risco de parar a produção da fábrica toda.

2.2.1. PRINCIPAIS ATIVOS DO SETOR DE PENU DE MOTO - PNM

No setor de produção de pneu de moto os principais ativos que serão implementados os indicadores são as prensas de pneu de moto PPM e confeccionadoras de carcaça de moto CCM.

A nomenclatura adotada para esses ativos foi: NF+ SIGLA DA MÁQUINA+NUMERO DA MÁQUINA. Após a definição da nomenclatura padrão os ativos são inseridos em uma planilha do Excel com o nome da máquina, área aonde a

mesma se encontra e o código do ativo conforme figura 17 abaixo.

FIGURA 17. Levantamento dos ativos do setor de produção de pneu de moto

MÁQUINA	AREA	Ativo	MÁQUINA	AREA	Ativo
PRENSA DE PNEU DE MOTO 01	PNM	NFPNMPPM01	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 01	PNM	NFPNMCCM01
PRENSA DE PNEU DE MOTO 02	PNM	NFPNMPPM02	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 02	PNM	NFPNMCCM02
PRENSA DE PNEU DE MOTO 03	PNM	NFPNMPPM03	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 03	PNM	NFPNMCCM03
PRENSA DE PNEU DE MOTO 04	PNM	NFPNMPPM04	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 04	PNM	NFPNMCCM04
PRENSA DE PNEU DE MOTO 05	PNM	NFPNMPPM05	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 05	PNM	NFPNMCCM05
PRENSA DE PNEU DE MOTO 06	PNM	NFPNMPPM06	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 06	PNM	NFPNMCCM06
PRENSA DE PNEU DE MOTO 07	PNM	NFPNMPPM07	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 07	PNM	NFPNMCCM07
PRENSA DE PNEU DE MOTO 08	PNM	NFPNMPPM08	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 08	PNM	NFPNMCCM08
PRENSA DE PNEU DE MOTO 09	PNM	NFPNMPPM09	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 09	PNM	NFPNMCCM09
PRENSA DE PNEU DE MOTO 10	PNM	NFPNMPPM10	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 10	PNM	NFPNMCCM10
PRENSA DE PNEU DE MOTO 11	PNM	NFPNMPPM11	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 11	PNM	NFPNMCCM11
PRENSA DE PNEU DE MOTO 12	PNM	NFPNMPPM12	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 12	PNM	NFPNMCCM12
PRENSA DE PNEU DE MOTO 13	PNM	NFPNMPPM13	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 13	PNM	NFPNMCCM13
PRENSA DE PNEU DE MOTO 14	PNM	NFPNMPPM14	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 14	PNM	NFPNMCCM14
PRENSA DE PNEU DE MOTO 15	PNM	NFPNMPPM15	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 15	PNM	NFPNMCCM15
PRENSA DE PNEU DE MOTO 16	PNM	NFPNMPPM16	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 16	PNM	NFPNMCCM16
PRENSA DE PNEU DE MOTO 17	PNM	NFPNMPPM17	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 17	PNM	NFPNMCCM17
PRENSA DE PNEU DE MOTO 18	PNM	NFPNMPPM18	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 18	PNM	NFPNMCCM18
PRENSA DE PNEU DE MOTO 19	PNM	NFPNMPPM19	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 19	PNM	NFPNMCCM19
PRENSA DE PNEU DE MOTO 20	PNM	NFPNMPPM20	CONFECIONADORA DE CARÇAÇA DE MOTO 20	PNM	NFPNMCCM20

Fonte: Autor

2.2.2 PRINCIPAIS ATIVOS DO SETOR DE PENU DE BICICLETA – PNB

No setor de produção de pneu de bicicleta os principais ativos que serão implementados os indicadores são as prensas de pneu de bicicleta PPB e confeccionadoras de carçaça de bicicleta CCB. A nomenclatura adotada para esses ativos foi: NF+ SIGLA DA MÁQUINA+NUMERO DA MÁQUINA. Após a definição da nomenclatura padrão os ativos são inseridos em uma planilha do Excel com o nome da máquina, área aonde a mesma se encontra e o código do ativo conforme figura 18 abaixo.

Figura 18. Levantamento dos ativos do setor de produção de pneu de bicicleta

MÁQUINA	AREA	Ativo	MÁQUINA	AREA	Ativo
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 01	PNB	NFPNBPPB01	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 01	PNB	NFPNBCCB01
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 02	PNB	NFPNBPPB02	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 02	PNB	NFPNBCCB02
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 03	PNB	NFPNBPPB03	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 03	PNB	NFPNBCCB03
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 04	PNB	NFPNBPPB04	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 04	PNB	NFPNBCCB04
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 05	PNB	NFPNBPPB05	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 05	PNB	NFPNBCCB05
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 06	PNB	NFPNBPPB06	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 06	PNB	NFPNBCCB06
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 07	PNB	NFPNBPPB07	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 07	PNB	NFPNBCCB07
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 08	PNB	NFPNBPPB08	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 08	PNB	NFPNBCCB08
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 09	PNB	NFPNBPPB09	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 09	PNB	NFPNBCCB09
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 10	PNB	NFPNBPPB10	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 10	PNB	NFPNBCCB10
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 11	PNB	NFPNBPPB11	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 11	PNB	NFPNBCCB11
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 12	PNB	NFPNBPPB12	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 12	PNB	NFPNBCCB12
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 13	PNB	NFPNBPPB13	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 13	PNB	NFPNBCCB13
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 14	PNB	NFPNBPPB14	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 14	PNB	NFPNBCCB14
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 15	PNB	NFPNBPPB15	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 15	PNB	NFPNBCCB15
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 16	PNB	NFPNBPPB16	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 16	PNB	NFPNBCCB16
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 17	PNB	NFPNBPPB17	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 17	PNB	NFPNBCCB17
PRENSA DE PNEU DE BICICLETA 18	PNB	NFPNBPPB18	CONFEC. DE CARÇAÇA DE BICICLETA 18	PNB	NFPNBCCB18

Fonte: Autor

2.2.3 PRINCIPAIS ATIVOS DO SETOR MAT – SF

No setor de produção da matéria prima ou setor da mistura tem-se Misturadores, Calandras, Complexadoras, Cortadeiras e Extrusoras. Conforme mostrado na figura 19.

Figura 19. Levantamento dos ativos do setor MAT - SF

MÁQUINA	AREA	Ativo
BAMBURY 01	BBY	NFBY
BAMBURY 02	BBY	NFBY02
CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 1	CRT	NFCRT02
CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 2	CRT	NFCRT03
CORTADEIRA 01	COR	NFCORCTD01
CORTADEIRA 02	COR	NFCORCTD02
CORTADEIRA 03	COR	NFCORCTD03
CALANDRA DE TECIDO	CT	NFCT
CALANDRA DE RODAGEM	CR	NFCR
COMPLEXADORA 01	NF	NFCPX1
COMPLEXADORA 02	NF	NFCPX2
CONFECCIONADORA DE TALÃO 01	CFT	NFCFTCTAL01
CONFECCIONADORA DE TALÃO 02	CFT	NFCFTCTAL02

Fonte: Autor

A nomenclatura adotada para esses ativos foi: NF+ SIGLA DA MÁQUINA+NUMERO DA MÁQUINA. Após a definição da nomenclatura padrão os ativos são inseridos em uma planilha do Excel com o nome da máquina, área aonde a mesma se encontra e o código do ativo conforme figura 12 acima.

2.3 ATIVOS CRÍTICOS

Dentre as máquinas críticas estão os ativos ligados a Utilidades e Energia, tais como Subestação, Caldeira, Compressor, Cavaletes de Vapor, Unidades Hidráulicas e as máquinas gargalos de produção Misturador 01, Extrusora 01, Cortadeira 01, Complexadora 01 e Calandra de Tecido.

A criticidade desses ativos foi definida de acordo com as características e necessidades da empresa bem como em relação ao modelo de produção inicial da fábrica e com requisitos de máquinas tais como PDR's não nacionalizados, tipo de composição do material do PDR, e dificuldade na manutenção corretiva do ativo. A figura 20 ilustra o levantamento dos ativos críticos para a fábrica de pneus.

Figura 20. Levantamento dos ativos Críticos da empresa

MÁQUINA	AREA	Ativo
CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 1	CRT	NFCRT02
CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 2	CRT	NFCRT03
BAMBURY 01	BBY	NFBY
CORTADEIRA 01	COR	NFCORCTD01
COMPLEXADORA 01	NF	NFCPX1
SUBESTAÇÃO 69	UT	NFUTSUB69
COMPRESSOR DE AR 01	UT	NFUTCPS01
CALDEIRA 01	UT	NFUTCAL01
CAVALETE DE VAPOR 01	PNM	NFPNMCVL01
UNIDADE HIDRAULICA 01	PNB	NFPNBUH01

Fonte: Autor

3. IMPLEMENTAÇÃO

3.1. PROCEDIMENTOS IMPLEMENTAÇÃO DOS INDICADORES POWER BI

1- Extrair o banco de dados de paradas de máquinas do sistema de gestão da manutenção:

No software PRISMA foram baixados os relatórios de paradas de máquinas onde é possível selecionar o intervalo de data desejada das informações, então esses dados são consolidados em um SQL (planilha do Excel) ilustrada na figura 21 gerado pelo próprio sistema do Prisma.

Figura 21. SQL de consultas de paradas de máquinas



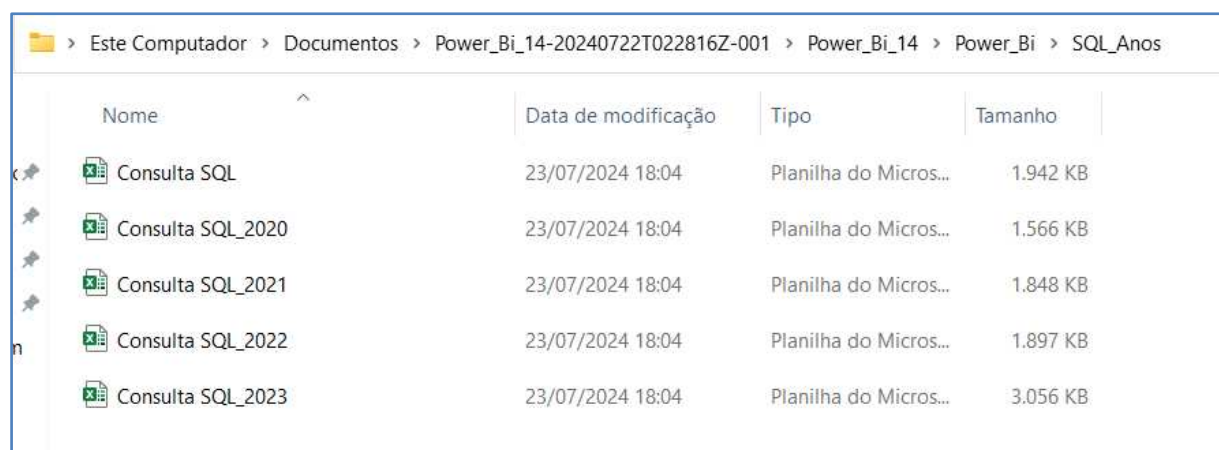
Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
Consulta1 SQL	23/07/2024 18:04	Planilha do Micros...	1.942 KB

Fonte: Autor

2- Inserir os SQL's nas pastas do Power BI

Após a geração do SQL a planilha é enviada para uma pasta do power Bi de onde o software extrai as informações das paradas de máquinas, a pasta e o caminho estão ilustrados na figura 22.

Figura 22. Pasta com as planilhas de consultas de SQL's



Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
Consulta SQL	23/07/2024 18:04	Planilha do Micros...	1.942 KB
Consulta SQL_2020	23/07/2024 18:04	Planilha do Micros...	1.566 KB
Consulta SQL_2021	23/07/2024 18:04	Planilha do Micros...	1.848 KB
Consulta SQL_2022	23/07/2024 18:04	Planilha do Micros...	1.897 KB
Consulta SQL_2023	23/07/2024 18:04	Planilha do Micros...	3.056 KB

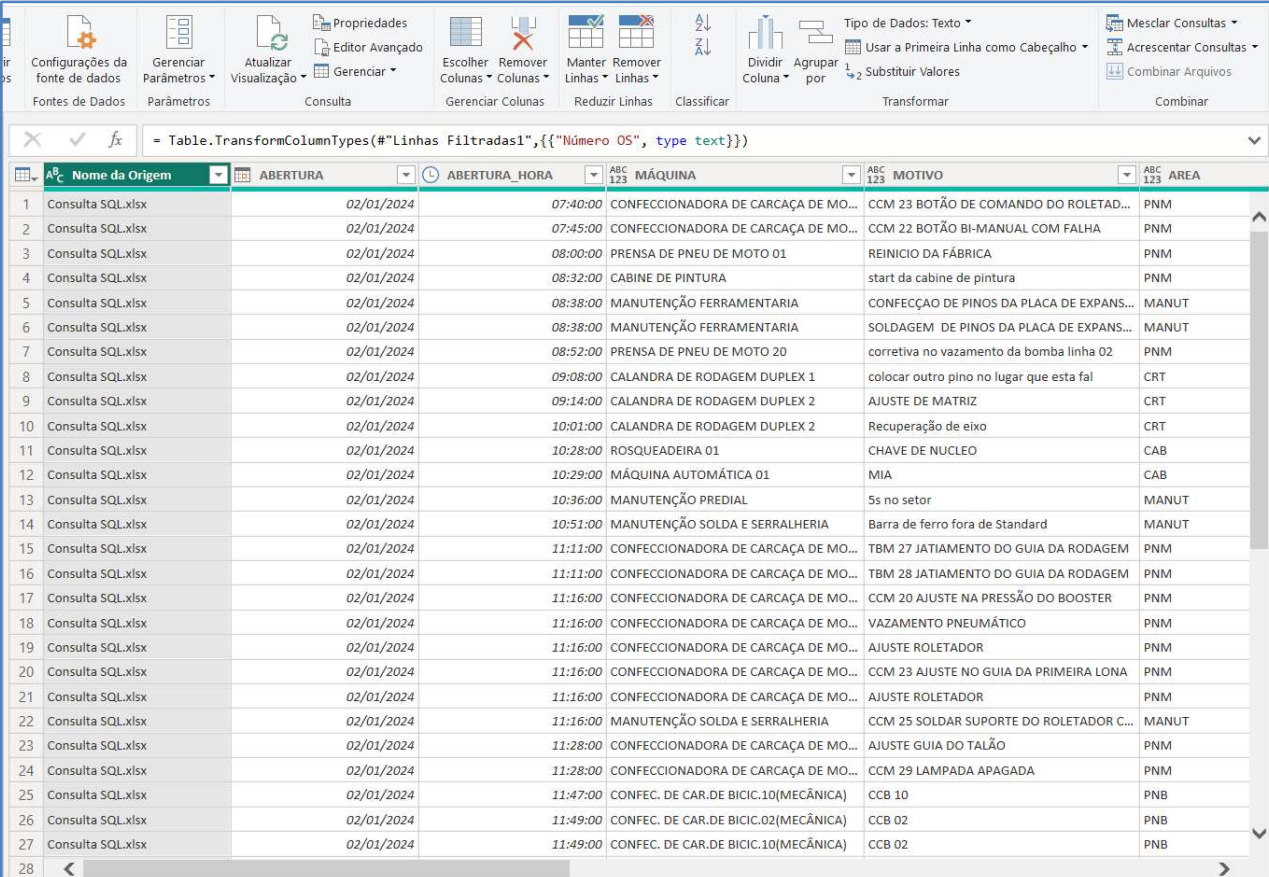
C:\Users\Documents\Power_Bi_1420240722T022816Z001\Power_Bi_14\Power_Bi\SQL_Anos

Fonte: Autor

3- Realizar o tratamento dos dados usando o Power Query:

Na aba de transformar dados do Power Bi tem-se o Power Query figura 23, onde é buscado a pasta de SQL os quais foram realizados os tratamentos dos dados para implementação dos dashboards.

Figura 23. Guia Transformar dados no Power BI



The screenshot shows the Power BI 'Transformar' ribbon with various options like 'Gerenciar Parâmetros', 'Atualizar Visualização', 'Propriedades', 'Editor Avançado', 'Escolher Colunas', 'Remover Colunas', 'Manter Linhas', 'Remover Linhas', 'Classificar', 'Dividir Coluna', 'Agrupar por', 'Substituir Valores', 'Mesclar Consultas', 'Acrescentar Consultas', and 'Combinar Arquivos'. Below the ribbon, a data table is displayed with the following columns: Nome da Origem, ABERTURA, ABERTURA_HORA, MÁQUINA, MOTIVO, and AREA. The table contains 27 rows of data.

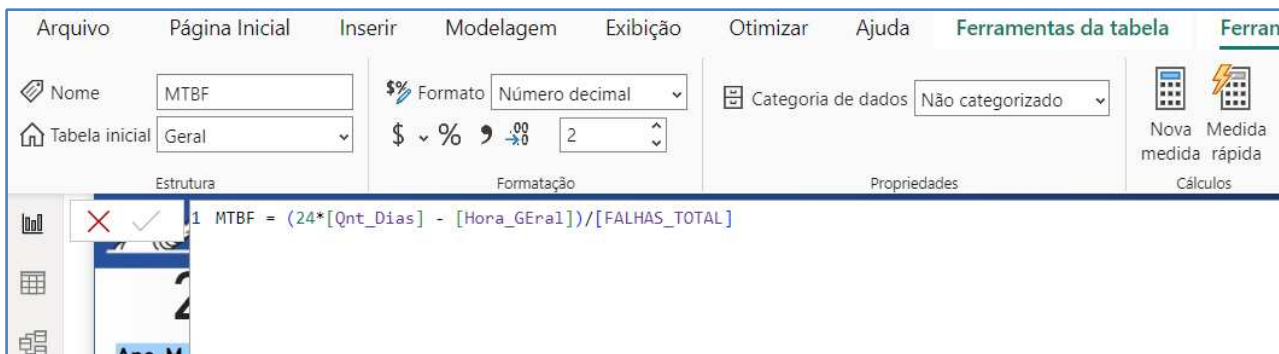
	Nome da Origem	ABERTURA	ABERTURA_HORA	MÁQUINA	MOTIVO	AREA
1	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	07:40:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	CCM 23 BOTÃO DE COMANDO DO ROLETAD...	PNM
2	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	07:45:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	CCM 22 BOTÃO BI-MANUAL COM FALHA	PNM
3	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	08:00:00	PRENSA DE PNEU DE MOTO 01	REINICIO DA FÁBRICA	PNM
4	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	08:32:00	CABINE DE PINTURA	start da cabine de pintura	PNM
5	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	08:38:00	MANUTENÇÃO FERRAMENTARIA	CONFECCAO DE PINOS DA PLACA DE EXPANS...	MANUT
6	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	08:38:00	MANUTENÇÃO FERRAMENTARIA	SOLDAGEM DE PINOS DA PLACA DE EXPANS...	MANUT
7	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	08:52:00	PRENSA DE PNEU DE MOTO 20	corretiva no vazamento da bomba linha 02	PNM
8	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	09:08:00	CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 1	colocar outro pino no lugar que esta fal	CRT
9	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	09:14:00	CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 2	AJUSTE DE MATRIZ	CRT
10	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	10:01:00	CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 2	Recuperação de eixo	CRT
11	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	10:28:00	ROSQUEADEIRA 01	CHAVE DE NUCLEO	CAB
12	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	10:29:00	MÁQUINA AUTOMÁTICA 01	MIA	CAB
13	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	10:36:00	MANUTENÇÃO PREDIAL	5s no setor	MANUT
14	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	10:51:00	MANUTENÇÃO SOLDA E SERRALHERIA	Barra de ferro fora de Standard	MANUT
15	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:11:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	TBM 27 JATIAMENTO DO GUIA DA RODAGEM	PNM
16	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:11:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	TBM 28 JATIAMENTO DO GUIA DA RODAGEM	PNM
17	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	CCM 20 AJUSTE NA PRESSÃO DO BOOSTER	PNM
18	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	VAZAMENTO PNEUMÁTICO	PNM
19	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	AJUSTE ROLETADOR	PNM
20	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	CCM 23 AJUSTE NO GUIA DA PRIMEIRA LONA	PNM
21	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	AJUSTE ROLETADOR	PNM
22	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:16:00	MANUTENÇÃO SOLDA E SERRALHERIA	CCM 25 SOLDAR SUPORTE DO ROLETADOR C...	MANUT
23	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:28:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	AJUSTE GUIA DO TALÃO	PNM
24	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:28:00	CONFECCIONADORA DE CARÇAÇA DE MO...	CCM 29 LAMPADA APAGADA	PNM
25	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:47:00	CONFEC. DE CAR.DE BICIC.10(MECÂNICA)	CCB 10	PNB
26	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:49:00	CONFEC. DE CAR.DE BICIC.02(MECÂNICA)	CCB 02	PNB
27	Consulta SQL.xlsx	02/01/2024	11:49:00	CONFEC. DE CAR.DE BICIC.10(MECÂNICA)	CCB 02	PNB

Fonte: Autor

4 - Inserir as fórmulas para cálculo dos indicadores

Na parte de ferramentas de tabelas ilustrada na figura 24, foram criadas as medidas e inserido as fórmulas para o cálculo dos indicadores. Esses cálculos forem realizados com base nas equações 1, 2 e 3, foi considerado também as características da empresa bem como a forma que a fábrica em questão avalia seus indicadores.

Figura 24. Aba de ferramentas de tabelas no Power BI

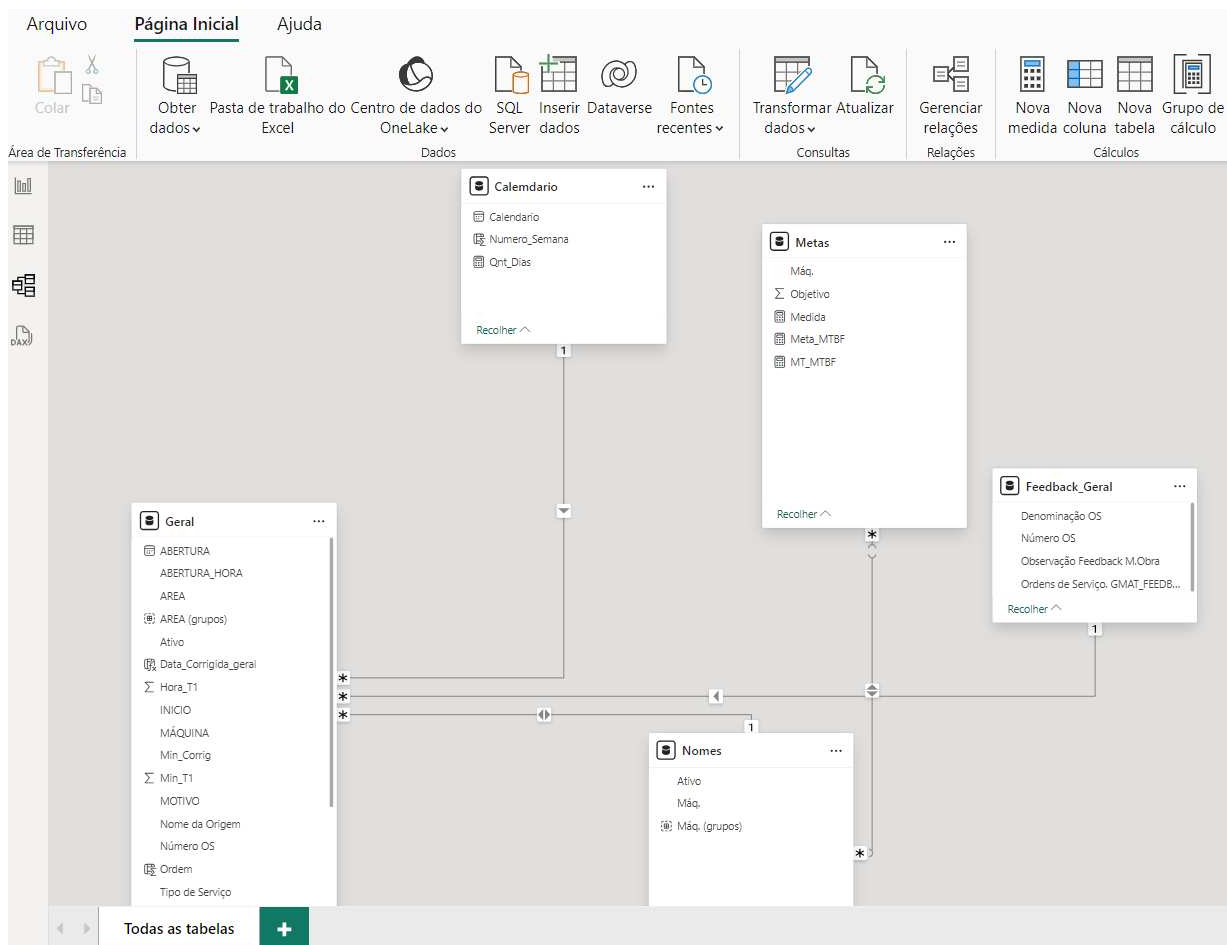


Fonte: Autor

5- Fazer os links e correlações entre as planilhas:

Na guia de exibição de modelo no Power BI, foram realizadas as correlações entre as planilhas e os dados tratados anteriormente no Power Query. Figura 25.

Figura 25. Aba de exibição de modelo com o link das planilhas

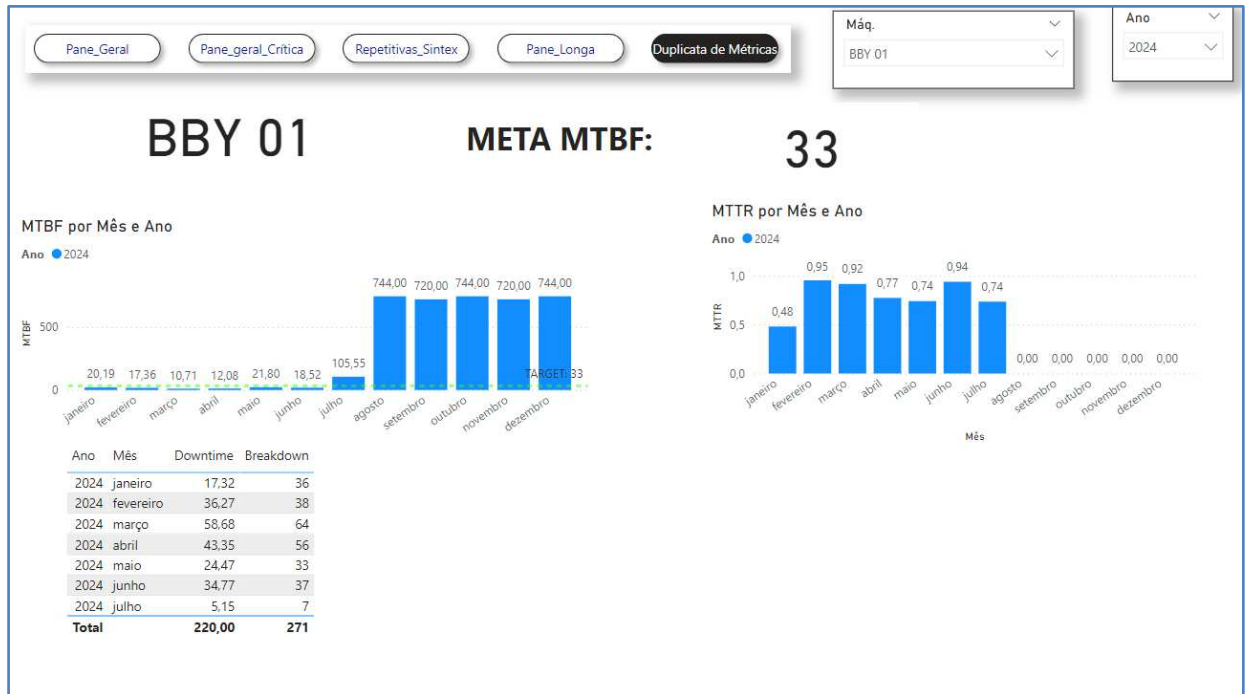


Fonte: Autor

6- Montar os dashboards

Essa foi a última etapa que consistiu em elaborar o layout do dashboard bem como estrutura e cores dos gráficos e tabelas. Figura 26.

Figura 26. Montagem do dashboard no Power BI



Fonte: Autor

3.2. INDICADORES EXCEL

1- Extrair o banco de dados de paradas de máquinas do sistema de gestão da manutenção

Figura 27. SQL de consultas de paradas de máquinas



Fonte: Autor

2- Realizar o tratamento dos dados de paradas de máquina:

Na planilha do SQL, figura 28, foram realizados filtros para buscar apenas informações relevantes para o cálculo dos indicadores, fez-se também o tratamento e formatação dos valores de data, hora e tempo de parada afim de facilitar o cálculo dos KPI's de manutenção.

Figura 28. Dados de paradas de máquinas extraídos do SQL de consultas de paradas de máquinas

ABERTURA	MÁQUINA	MOTIVO	ÁREA	Número OS	INICIO	TEMPO DE PARADA	Ativo	Tipo de Serviço
02/01/2024 07:40:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 23	CCM 23 BOTÃO DE COMANDO DO ROLETADOR	PNM	261598	02/01/2024 07:40:00 0:18		NFNMCCM23	CORP
02/01/2024 07:45:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 22	CCM 22 BOTÃO BI-MANUAL COM FALHA	PNM	261594	02/01/2024 07:45:00 0:40		NFNMCCM22	CORP
02/01/2024 08:00:00	PRENSA DE PNEU DE MOTO 01	REINICIO DA FÁBRICA	PNM	261620	02/01/2024 08:00:00 7:00		NFNMPPM01	CORP
02/01/2024 08:32:00	CABINE DE PINTURA	start da cabine de pintura	PNM	261576	02/01/2024 08:32:00 4:59		NFNMGP	CORP
02/01/2024 08:38:00	MANUTENÇÃO FERRAMENTARIA	CONFECÇÃO DE PINOS DA PLACA DE EXPANSÃO.	MANUT	261577	02/01/2024 08:38:00 4:00		NFMFER	CORP
02/01/2024 08:38:00	MANUTENÇÃO FERRAMENTARIA	SOLDAGEM DE PINOS DA PLACA DE EXPANSÃO.	MANUT	261578	02/01/2024 08:38:00 3:00		NFMFER	CORP
02/01/2024 08:52:00	PRENSA DE PNEU DE MOTO 20	corretiva no vazamento da bomba linha 02	PNM	261580	02/01/2024 08:52:00 1:00		NFNMPPM20	CORP
02/01/2024 09:08:00	CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 1	colocar outro pino no lugar que esta fal	CRT	261581	02/01/2024 09:08:00 0:55		NFCRT02	CORP
02/01/2024 09:14:00	CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 2	AJUSTE DE MATRIZ	CRT	261582	02/01/2024 09:14:00 10:00		NFCRT03	CORP
02/01/2024 10:01:00	CALANDRA DE RODAGEM DUPLEX 2	Recuperação de eixo	CRT	261583	02/01/2024 10:01:00		NFCRT03	CORP
02/01/2024 10:28:00	ROSQUEADEIRA 01	CHAVE DE NUCLEO	CAB	261587	02/01/2024 10:28:00		NFCABRQ01	CORP
02/01/2024 10:29:00	MÁQUINA AUTOMÁTICA 01	MIA	CAB	261588	02/01/2024 10:29:00 0:30		NFCABMA01	COR
02/01/2024 10:36:00	MANUTENÇÃO PREDIAL	Ss no setor	MANUT	261589	02/01/2024 10:36:00 3:00		NFMPLD	CORP
02/01/2024 10:51:00	MANUTENÇÃO SOLDA E SERRALHERIA	Barra de ferro fora de Standard	MANUT	261614	02/01/2024 10:51:00		NFMFMSO	CORP
02/01/2024 11:11:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 27	TBM 27 JATIAMENTO DO GUIA DA RODAGEM	PNM	261591	02/01/2024 11:11:00		NFNMCCM27	CORP
02/01/2024 11:11:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 28	TBM 28 JATIAMENTO DO GUIA DA RODAGEM	PNM	261592	02/01/2024 11:11:00		NFNMCCM28	CORP
02/01/2024 11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 20	CCM 20 AJUSTE NA PRESSÃO DO BOOSTER	PNM	261593	02/01/2024 11:16:00		NFNMCCM20	CORP
02/01/2024 11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 22	VAZAMENTO PNEUMÁTICO	PNM	261595	02/01/2024 11:16:00		NFNMCCM22	CORP
02/01/2024 11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 23	AJUSTE ROLETADOR	PNM	261596	02/01/2024 11:16:00		NFNMCCM23	CORP
02/01/2024 11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 23	CCM 23 AJUSTE NO GUIA DA PRIMEIRA LONA	PNM	261597	02/01/2024 11:16:00		NFNMCCM23	CORP
02/01/2024 11:16:00	CONFECCIONADORA DE CARÇA DE MOTO 24	AJUSTE ROLETADOR	PNM	261599	02/01/2024 11:16:00		NFNMCCM24	CORP
02/01/2024 11:16:00	MANUTENÇÃO SOLDA E SERRALHERIA	CCM 25 SOLDAR SUPORTE DO ROLETADOR CTLD	MANUT	261600	02/01/2024 11:16:00		NFMFSO	CORP

Fonte: Autor

3- Inserir os dados tratados na planilha do Excel

Após os dados serem tratados na etapa anterior os mesmos foram inseridos em outra planilha do Excel ilustrada na figura 29 onde foram inseridas as fórmulas para os cálculos dos MTBF, MTTR, Horas de Operação, Quantidade de Falhas e Disponibilidade.

Figura 29. Planilha com as fórmulas matemáticas dos indicadores de manutenção

MÊS	EQUIPAMENTO	META	HORAS DE OPERAÇÃO (h)	TEMPO DE PARADA	QUANTIDADE DE FALHAS	MTBF1	MTTR1	DISP. (%)
JAN	CALDEIRA	731:00:00	600:00:00	0:00:00	0	731:00:00	0:00	100,0%
JAN	SUBESTAÇÃO	743:00:00	600:00:00	0:00:00	0	743:00:00	0:00	100,0%
JAN	COMPRESSOR DE AR 01	743:00:00	600:00:00	0:00:00	0	743:00:00	0:00	100,0%
JAN	DUPLEX 01	46:00:00	600:00:00	28:24:00	46	12:25:34	0:37	95,3%
JAN	COMPLEXADORA 01	247:00:00	600:00:00	0:40:00	2	299:40:00	0:20	99,9%
JAN	Z1	33:00:00	600:00:00	16:14:00	38	15:21:44	0:25	97,3%
JAN	ZP	101:00:00	600:00:00	17:30:00	28	20:48:13	0:37	97,1%
JAN	CAVALETE PNB	731:00:00	600:00:00	0:00:00	0	731:00:00	0:00	100,0%
JAN	PNB UH 01	731:00:00	600:00:00	0:05:00	1	599:55:00	0:05	100,0%
JAN	PNB UH 02	731:00:00	600:00:00	0:00:00	0	731:00:00	0:00	100,0%
JAN	PNB UH 03	731:00:00	600:00:00	0:00:00	0	731:00:00	0:00	100,0%
JAN	PNM UH 01	731:00:00	600:00:00	0:00:00	0	731:00:00	0:00	100,0%
JAN	PNM UH 02	731:00:00	600:00:00	0:00:00	0	731:00:00	0:00	100,0%
JAN	PNM UH 03	731:00:00	600:00:00	1:20:00	1	598:40:00	1:20	99,8%
JAN	PNM UH 04	731:00:00	600:00:00	2:40:00	2	298:40:00	1:20	99,6%
JAN	CAVALETE PNM 01	743:00:00	600:00:00	0:30:00	1	599:30:00	0:30	99,9%
JAN	CAVALETE PNM 02	743:00:00	600:00:00	1:00:00	4	149:45:00	0:15	99,8%
JAN	CAVALETE PNM 03	743:00:00	600:00:00	2:00:00	1	598:00:00	2:00	99,7%
FEV	CALDEIRA	731:00:00	672:00:00	0:00:00	0	731:00:00	0:00	100,0%
FEV	SUBESTAÇÃO	743:00:00	672:00:00	0:00:00	0	743:00:00	0:00	100,0%
FEV	COMPRESSOR DE AR 01	743:00:00	672:00:00	0:00:00	0	743:00:00	0:00	100,0%

Fonte: Autor

4- Utilizar tabelas dinâmicas e fórmulas para cálculo dos indicadores de manutenção:

Em seguida a planilha da figura 29 foi transformada em uma tabela dinâmica figura 30 para realização dos filtros por máquina e por data com isso facilitando a criação dos Dashboard.

Figura 30. Planilha dinâmica com as fórmulas matemáticas dos indicadores de manutenção

Rótulos de Linha	Média de DISP. (%)	Soma de MTBF1
JAN	99,35%	9064:45:31
CALDEIRA	100,00%	731:00:00
CAVALETE PNB	100,00%	731:00:00
CAVALETE PNM 01	99,92%	599:30:00
CAVALETE PNM 02	99,83%	149:45:00
CAVALETE PNM 03	99,67%	598:00:00
COMPLEXADORA 01	99,89%	299:40:00
COMPRESSOR DE AR 01	100,00%	743:00:00
DUPLEX 01	95,27%	12:25:34
PNB UH 01	99,99%	599:55:00
PNB UH 02	100,00%	731:00:00
PNB UH 03	100,00%	731:00:00
PNM UH 01	100,00%	731:00:00
PNM UH 02	100,00%	731:00:00
PNM UH 03	99,78%	598:40:00
PNM UH 04	99,56%	298:40:00
SUBESTAÇÃO	100,00%	743:00:00
Z1	97,29%	15:21:44
ZP	97,08%	20:48:13

Fonte: Autor

5- Formatar o dashboard com as informações

Essa foi a última etapa que consistiu em elaborar o layout do dashboard bem como estrutura e cores dos gráficos e tabelas. Figura 31.

Figura 31. Dashboard no Excel com os indicadores de manutenção das máquinas críticas



Fonte: Autor

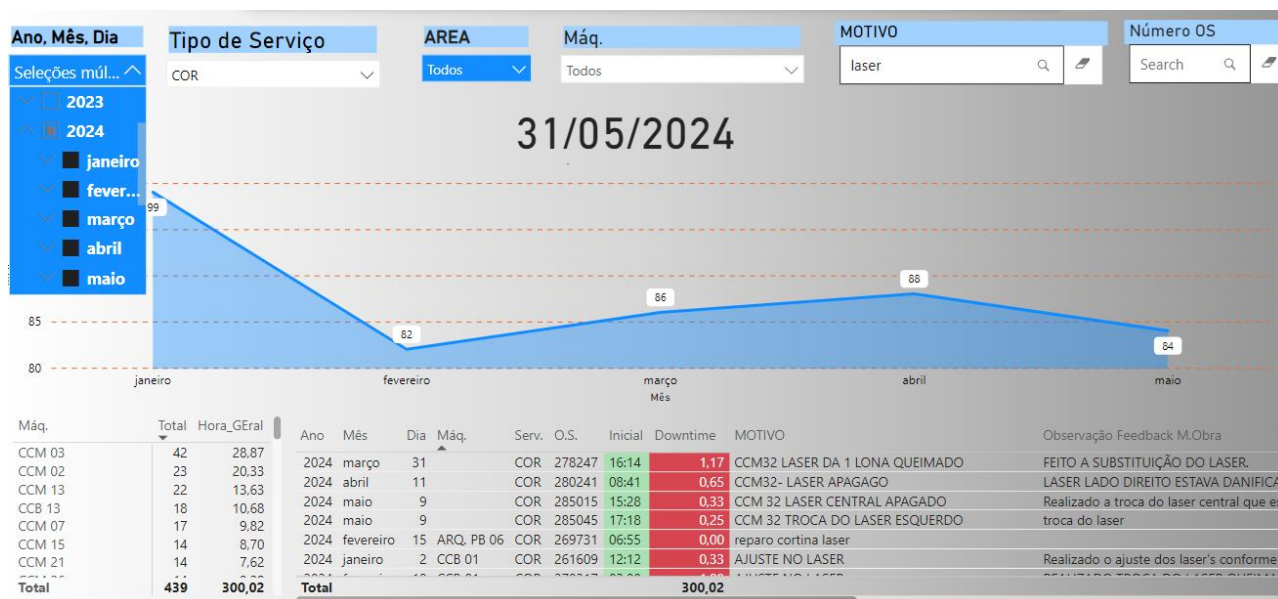
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado tem-se que todos os ativos listados possuem indicadores de desempenho relacionado a melhoria de performance de manutenção. Formam criados Dashboards no Power BI e no Excel com as informações de MTBF, MTTR, Disponibilidade, Quantidade de Falhas por período, Quantidade de horas de máquina parada.

Com isso é possível analisar os dados desde janeiro de 2020 até junho de 2024, possibilitando a realização de análises mais detalhada dos ativos visando entender os pontos que estão bons e os que precisam ser melhorados para melhoria da performance da manutenção e principalmente redução dos custos com manutenções corretivas não planejadas.

De acordo com o Dashboard de paradas de Máquinas por motivos de “laser” em toda a fábrica de pneus no ano de 2024, na imagem 32 foi possível verificar rapidamente a quantidade total de panes por esse problema e o tempo total acumulado que esses ativos ficaram parados.

Figura 32. Levantamento das paradas de Máquinas por motivos de “laser” no ano de 2024



Fonte: Autor

De acordo com a figura 30 acima, observamos que no ano de 2024 até o mês de maio ocorreram 439 panes relacionadas a problema de laser nos ativos denominados CCB'S, essa quantidade de falhas resultou em acumulado de 300,02 horas de máquinas paradas.

A figura 33 ilustra o Dashboard mensal de panes repetitivas (panes que aparecem mais de 3 vezes em um mesmo ativo em um intervalo de 24 h), é possível verificar por dia quantas panes repetidas e quais motivos das panes e o tempo que ficou parada.

Figura 33. Levantamento das panes repetitivas no mês de junho de 2024 no setor PNM (Pneu de moto)



Fonte: Autor

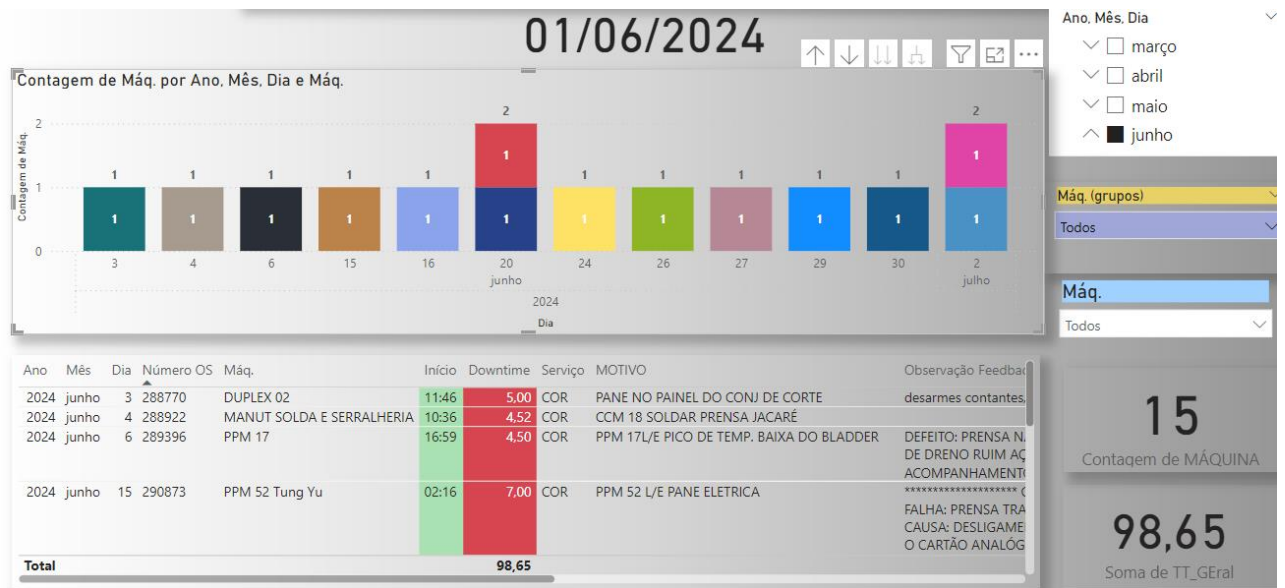
Na imagem 31 acima pode-se verificar as quantidades de panes repetidas que ocorreram por dia e por ativo no mês de junho totalizando 71 máquinas com panes repetida e 147,00 horas de máquinas paradas. Com essas informações diárias é possível identificar os problemas mais recorrentes nos ativos e com isso definir um plano de ação ou uma corretiva planejada com objetivo de sanar essas panes que se repetem no ativo.

Como exemplo de ferramenta para sanar essa questão pode-se utilizar o ciclo PDCA, onde a primeira etapa faz-se um planejamento para resolução dos problemas em seguida executa as ações planejadas após realiza-se a verificação da execução das atividades e por fim avalia se as ações foram efetivas se sim padroniza as medidas tomadas e se as ações não forem eficazes gerar-se um novo ciclo PDCA até que o problema seja resolvido por completo ou seja estabilizado.

A imagem 34, mostra o acumulado de panes longas que ocorreram no mês de junho de 2024, para a empresa em questão pane longa é uma falha que se estendeu por mais de 4,00 horas ou uma pane que durou mais de 4 horas para ser resolvida. Sendo assim é possível identificar rapidamente que durante o mês de maio ocorreram 15 panes longas totalizando 98,65 horas de máquina parada é possível também verificar o feedback dos técnicos mantenedores a respeito do motivo e como foi resolvido o problema.

Portanto com essas informações fica claro para os gestores de manutenção verificarem se a pane longa está ocorrendo por falta de expertise técnica, por falta de PDR ou simplesmente por vida útil dos ativos, complementado a análise desse dashboard pode-se utilizar as ferramentas de causa e efeito para auxiliar na tomada de decisões, um exemplo de metodologia que pode ser aplicado nessa situação seria o diagrama de Ishikawa onde seria analisado os 6M's já explicados no referencial teórico.

Figura 34. Consolidado de panes longas que ocorreram no mês de junho de 2024



Fonte: Autor

O Consolidado de MTBF e MTTR de um dos ativos da fábrica, pode ser verificado na figura 35, onde nessa imagem fica evidente o valor do MTBF e MTTR em cada mês.

Com as informações de MTBF e MTTR ilustradas na figura abaixo, podemos tomar uma série de medidas para que esses indicadores não permaneçam no vermelho, sendo assim pode-se optar por reduzir os intervalos das inspeções e preventivas principalmente observando o MTBF que está relacionado ao número de falhas.

Já com o MTTR podemos criar um plano de ação para realização de treinamentos dos mantenedores e conscientização dos operadores para auxiliar no processo de agilização da manutenção dentre outras medidas relacionadas ao tempo que a máquina fica parada ou demora na resolução das falhas.

Figura 35. Consolidado de MTBF e MTTR de um ativo da Fábrica de pneus



Fonte: Autor

Análise do MTBF

De acordo com as políticas da empresa em questão o MTBF é calculado por mês onde em média se um ativo funcionasse sem parar ele atuaria por 24 h vezes 30 dias que resulta no total de 720 horas, logo subtraindo o tempo total de parada ou downtime do mês e dividindo pela quantidade de falhas ou breakdown conforme a figura 35, tem-se o MTBF resultante do mês.

Na figura 35, observa-se que os melhores meses em relação ao MTBF do ativo BBY 01 são julho, maio e janeiro com 105,55 h , 21,8 h e 20,19 h respectivamente, analisando mais a fundo o mês de janeiro temos que em média a cada 20 horas esse equipamento irá ter uma falha funcional e isso é um resultado abaixo do esperado principalmente por ser um ativo crítico.

Análise do MTTR

Em relação ao MTTR tem-se que os melhores resultados do ativo BBY 01 foram obtidos nos meses de janeiro, maio e julho com 0,48 h, 0,74 h e 0,74 h respectivamente, com isso fica evidente que quanto menor o MTTR melhor é o resultado desse indicador pois analisando por exemplo o mês de janeiro observa-se que em média a manutenção

durou 0,48 horas para resolver as 36 falhas que ocorreram nesse mês, logo é um resultado acima do esperado.

A imagem 36, ilustra o Dashboard feito no Excel especificamente para a gestão dos principais indicadores de manutenção dos ativos críticos da fábrica de pneus situada no Polo Industrial de Manaus.

Figura 36. Dashboard no Excel para avaliar o desempenho dos ativos críticos da indústria de pneus



Fonte: Autor

CONCLUSÃO

Os principais indicadores de manutenção de classe mundial representam não apenas uma ferramenta de gestão, mas um imperativo estratégico para as indústrias do Polo Industrial de Manaus. A implementação eficaz desses indicadores não somente promove a redução de custos operacionais e o aumento da eficiência, mas também fortalece a competitividade das empresas ao melhorar a confiabilidade dos equipamentos, minimizar paradas não programadas e otimizar a utilização dos recursos. Em um ambiente industrial dinâmico como o Polo Industrial de Manaus, onde desafios logísticos e tecnológicos são frequentes, adotar práticas de manutenção baseadas em indicadores de classe mundial não apenas sustenta a continuidade operacional, mas também posiciona as empresas para se destacarem em um mercado global cada vez mais exigente. Assim, investir na excelência da manutenção não é apenas uma escolha estratégica, mas uma necessidade para assegurar o crescimento sustentável e a resiliência das indústrias locais frente aos desafios futuros. Com as ações planejadas e definidas no plano de ação, os resultados esperados são o aumento considerável da disponibilidade da máquina, diminuição do MTTR e aumento do MTBF, melhora dos KPI 's de manutenção e produção.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR – 5462 – Confiabilidade e maneabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- [2] ARRUDA, B. D. C. Estratégia e planejamento: Uma proposta de implementação do Business Model Canvas e da 5W2H no contexto do agronegócio. Saber Humano, Edição especial: Cadernos de Administração, p. 83-96. 2022.
- [3] ALMEIDA, M. Tadeu; GÓZ, R. D. Sales. Análise de Vibrações I – Medida e Diagnósticos. Apostila do Curso de Análise de Vibrações da FUPAI, Itajubá – MG, 2003;
- [4] CALLIGARO, Cleber. Proposta de fundamentos habilitadores para a gestão da manutenção em indústrias de processamento contínuo baseada nos princípios da manutenção de classe mundial. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2003.
- [5] COSTA, Mariana de Almeida. Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, – 2013.
- [6] COSTA et al. **AUMENTO DE PRODUTIVIDADE INDUSTRIAL: UMA PROPOSTA NA MELHORA NA GESTÃO DE MANUTENÇÃO ATRAVÉS DA ESTRUTURAÇÃO DO PCM EM UMA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES.** Universidade de Uberaba: Minas Gerais, 2021;
- [7] ENGTELES. **APLICAÇÕES DE SISTEMAS DE MANUTENÇÃO.** Jun, 2021. Disponível : https://www.qsp.net.br/sistemas_de_manutencao.html. Acesso: nov, 2024;
- [7] FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luiz Duarte. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- [8] GOMES, Mila Caroline. **Análise de indicadores de desempenho da manutenção de um moinho de bolas.** UFVJM – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina/MG – Brasil. 2018
DOI <http://dx.doi.org/10.15536/thema.15.2018.1089-1103.910>;
- [9] GOMES, Bruno. Manutenção preditiva análise de vibração e sua viabilidade de implantação. 2019. 19 p. Bachelor — Anhanguera, Matão, 2019. Available from: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/27994/1/BRUNO_EDUARDO_GOMES_ATIVIDADE3.pdf. Accessed: 14 June 2024;
- [10] KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2017.
- [11] LOYOLA, Denise et al. Análise de confiabilidade de motopropulsores da aeronave c-130 hércules da força aérea brasileira. VIII SIMPROD, 2016. Available from: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7748/2/AnaliseConfiabilidadeC-130.pdf>. Accessed: 14

June 2024;

[12] MEIRA, R. C. As ferramentas para a melhoria da qualidade. 2 ed. Porto Alegre, 2003.

[13] MENEZES, Guilherme Miguel de Souza. **NÍVEL DE CONFIABILIDADE EM EQUIPAMENTOS: ESTUDO DE CASO NO SETOR DE MÓVEIS PLANEJADOS**. Ciências exatas e tecnológicas | Alagoas | v. 7 | n.2 | p. 90-102 | Maio 2022 | periodicos.set.edu.br

[14] MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. - Manutenção – Combate aos custos da NãoEficácia: A Vez do Brasil. São Paulo: Makron Books do Books, 1993.;

[15] MISHRA, Rajesh; ANAND, G.; KODALI, Rambabu. An AHP model for quantification of benefits of world-class maintenance systems. International Journal of Industrial and Systems Engineering, v. 2, n. 2, p. 166-194, 2007.

[16] OLIVEIRA, Tânia Barbosa Campos. Manutenção Classe Mundial. Ano de Realização. 2022. 22 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Pitágoras, Imperatriz, 2022.

[17] OLIVEIRA, Monique Miranda. Análise de métodos estatísticos em planejamento e controle de manutenção. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

[18] OLIVEIRA, S. T. Ferramentas para o aprimoramento da qualidade. Colaboração da Equipe Grifo. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

[19] OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná - Brasil ISSN 1808-0448 / v. 04, n. 02: p. 01-16, 2008.

[20] OTANI, M.; MACHADO, W – A proposta de desenvolvimento da gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2008.

[20] PIERETTI, Rafael; SILVA, Marcos; LESME, Douglas; ALMEIDA, Marcelo. Análise de indicadores de desempenho individual aplicado a manutenção industrial. Research, Society and Development, v. 9, n. 6, e129963660, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3660>;

[21] PIMENTEL, Hugo de Souza; LIMA, Aleksandro Guedes; NOGUEIRA NETO, Severino Cesariano. Emprego dos indicadores de manutenção classe mundial nas indústrias da Paraíba. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012, Palmas.

[22] SILVA, C. A. – Manutenção centrada na confiabilidade aplicada em equipamentos de montagem de automóveis. Porto Alegre, Pontifícia Universidade do Rio Grande do

Sul. 2011;

[23] SILVA; R. C. A; MARION; C. J. Manual de Contabilidade para Pequenas e Médias Empresas. São Paulo: Atlas, 2013.

[24] TRACTIAN. **GESTÃO DE ATIVOS DE MANUTENÇÃO E INDICADORES DE PERFORMANCE** . Ago, 2023. Disponível :
https://tractian.com/?utm_content=563857888308&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=tractian&utm_campaign=bra-conversion-institutional-cold-google-search-institucional&hsAcesso: nov, 2024;

[25] TROJAN, Flavio; Marçal, Rui Francisco Martins; BARAN, Leandro Roberto. Classificação dos tipos de manutenção pelo método de análise multicritério electre tri. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Natal, Rio Grande do Norte. 2013.

[26] VAZ, J. C. – Gestão da manutenção preditiva: Gestão de operações. Fundação Vanzolini. Ed. Edgard Blücher, 1997.

[27] VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM: Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.