



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

OTÁVIO DA SILVA DIAS

**INDICADORES DE MANUTENÇÃO APLICADOS A EQUIPAMENTOS DE
POSTOS DE COMBUSTÍVEIS EM UMA MINERADORA**

TUCURUÍ
2025

OTÁVIO DA SILVA DIAS

**INDICADORES DE MANUTENÇÃO APLICADOS A EQUIPAMENTOS DE
POSTOS DE COMBUSTÍVEIS EM UMA MINERADORA**

Trabalho de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador(a): Prof. Me. Walter dos Santos Sousa
Coorientador(a): Eng. Me. Arthur dos Reis Lemos Fontana

TUCURUÍ
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- D541i Dias, Otávio da Silva.
Indicadores de manutenção aplicados a equipamentos de postos de combustíveis em uma mineradora / Otávio da Silva Dias. — 2025.
33 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Me. Walter dos Santos Sousa
Coorientador(a): Eng. Me. Arthur dos Reis Lemos Fontana
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Mecânica, Tucuruí, 2025.
1. Gestão de manutenção. 2. Indicadores. 3. mineração. I. Título.

CDD 620.0046



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUI

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO/TCC Nº 2 / 2025 - CTUCU (11.16)

Nº do Protocolo: 23073.086703/2025-25

Tucuruí-PA, 05 de novembro de 2025.

**INDICADORES DE MANUTENÇÃO APLICADOS A EQUIPAMENTOS DE POSTOS DE
COMBUSTÍVEIS EM UMA MINERADORA**

OTÁVIO DA SILVA DIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Engenharia Mecânica.

Data da aprovação: 04/11/2025

Conceito: BOM

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Me. Walter dos Santos Sousa

FEM/CAMTUC/UFPA

Coorientador: Eng. Me. Arthur dos Reis Lemos Fontana

Bulk Solution Engenharia LTDA / Doutorando PRODERNA/UFPA

Membro Interno: Prof. Me. Ronaldo Raposo de Moura

FEM/CAMTUC/UFPA

(Assinado digitalmente em 05/11/2025 14:17)
RONALDO RAPOSO DE MOURA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
CTUCU (11.16)
Matrícula: ###455#5

(Assinado digitalmente em 05/11/2025 13:44)
WALTER DOS SANTOS SOUSA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
CTUCU (11.16)
Matrícula: ###112#8

(Assinado digitalmente em 11/11/2025 00:05)
ARTHUR DOS REIS LEMOS FONTANA
DISCENTE
Matrícula: 2021#####5

Visualize o documento original em <https://sipac.ufpa.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **2**, ano: **2025**, tipo: **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO/TCC**, data de emissão: **05/11/2025** e o código de verificação: **c037f328d2**

Dedico esse trabalho aos meus pais, que sob muito sol, fizeram-me chegar até aqui, na sombra.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sustentar cada passo desta jornada e por me dar forças para chegar até aqui.

À minha mãe Vânia, ao meu pai Joaquim, à minhas irmãs e aos meus sobrinhos, pelo apoio constante e por acreditarem em mim em todos os momentos.

Aos meus orientadores, professor Walter Sousa e professor Arthur Fontana, pela paciência, dedicação e pelas orientações que foram essenciais para este trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica, por compartilharem conhecimento e experiência que formaram minha base profissional.

À minha equipe de trabalhos (Adrienny, José Armando, Guilherme e Daniel), juntos enfrentamos muitos desafios e conseguimos superar cada um, vocês foram muito importantes.

À equipe do Tecnolago, laboratório FluidPar e empresa Dynamox, em especial, ao professor André Mesquita pelas oportunidades durante o período de graduação e pelos conselhos.

Aos meus amigos do laboratório (Geovane, Jonatas, Ryan, Hermerson, Danilo e Maycon), pela parceria e pelos conhecimentos adquiridos.

Ao meu orientador de estágio, Leonardo Dias e aos colegas da Vale, pelo suporte e pela oportunidade de crescimento.

Cada contribuição foi fundamental para que este projeto se tornasse realidade, muito obrigado.

“Consagre ao senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.”

Provérbios 16:3

RESUMO

A manutenção industrial é um fator determinante para a produtividade e a competitividade das empresas, especialmente em setores da mineração que demandam alta confiabilidade operacional. Indicadores de desempenho são métricas quantificáveis utilizadas para avaliar a eficácia das operações organizacionais em diferentes áreas, incluindo a gestão da manutenção. O presente trabalho apresenta o uso dos indicadores de Disponibilidade física, MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time to Repair) e Aderência as manutenções sistemáticas e condicionais, evidenciando suas aplicações em equipamentos de postos de combustíveis em uma mineradora. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema e desenvolvido uma metodologia com dados reais fornecidos pela empresa, nela, é descrito cada etapa do procedimento adotado. Os resultados obtidos foram apresentados por meio de um dashboard interativo, que possibilita a avaliação dinâmica dos indicadores de desempenho. O estudo contribui para boas práticas de gestão de manutenção tornando-a mais eficiente e estratégica.

Palavras-chave: gestão de manutenção; indicadores de desempenho; mineração.

ABSTRACT

Industrial maintenance plays a crucial role in the productivity and competitiveness of companies, particularly in the mining sector, where high operational reliability is essential. Performance indicators are quantifiable metrics used to evaluate the effectiveness of organizational operations across different areas, including maintenance management. This study explores the use of indicators such as Physical Availability, MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time to Repair), and Compliance with systematic and condition-based maintenance, emphasizing their application to fuel station equipment within a mining company. To accomplish this, a bibliographic review was conducted, and a methodology was developed using real data provided by the company, detailing each step of the adopted procedure. The results were presented through an interactive dashboard, allowing for dynamic analysis of performance indicators. The study contributes to best practices in maintenance management, enhancing both efficiency and strategic decision-making.

Keywords: maintenance management; mining; performance indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Organograma de manutenção.....	17
Figura 2 — Interface do software SAP PM.....	23
Figura 3 — Fluxograma de manutenção	26
Figura 4 — Registro de ordens de manutenção.....	27
Figura 5 — Bomba de Abastecimento	28
Figura 6 — Disponibilidade física.....	29
Figura 7 — Backlog	30
Figura 8 — Mean Time Between Failures	31
Figura 9 — Mean Time to Repair	32
Figura 10 - Gráfico de Pareto	33
Figura 11 - Falha no acoplamento	34
Figura 12 - Melhoria implementada	34
Figura 13 — AMS e AMC	35

LISTA DE SIGLAS

AMC	Aderência manutenção condicional
AMS	Aderência manutenção sistemática
DF	Disponibilidade física
HH	Homem-hora
HT	Horas-trabalhadas
KPI	Key Performance Indicators
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean time between repairs
NBR	Norma Brasileira
OM	Ordem de manutenção
PCM	Planejamento e controle de manutenção
SAP	Sistemas, aplicativos e produtos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 MANUTENÇÃO	14
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	15
2.2.1 Manutenção Corretiva	16
2.2.2 Manutenção Preventiva	16
2.2.3 Manutenção Preditiva	16
2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO	17
2.4 INDICADORES DE MANUTENÇÃO	18
2.4.1 Disponibilidade física	19
2.4.2 Backlog	19
2.4.3 MTBF (Mean Time Between Failures)	20
2.4.4 MTTR (Mean Time To Repair)	20
2.4.5 AMS (Aderência à manutenção sistemática)	21
2.4.6 AMC (Aderência à manutenção condicional)	21
2.5 FERRAMENTAS	21
2.5.1 ERP SAP	21
2.5.1.1 SAP PM (Plant Maintenance)	22
2.5.2 Power BI	23
3 METODOLOGIA	25
3.1 LOCAL DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	25
3.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1 ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE FÍSICA	29
4.2 ANÁLISE DO BACKLOG	30
4.3 ANÁLISE DO MTBF E MTTR	31
4.4 DIAGRAMA DE PARETO	32

4.5 ANÁLISE DA AMS E AMC	35
5 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A manutenção industrial é um fator determinante para a produtividade e a competitividade das empresas, especialmente naqueles setores que exigem alta confiabilidade operacional. No segmento da mineração, a gestão adequada da manutenção dos equipamentos é essencial para garantir a continuidade das operações, minimizar falhas e otimizar custos.

A gestão da manutenção é um dos três principais pilares da função de manutenção, caracterizando-se por sua natureza dinâmica e abrangente. Está presente em todas as organizações que possuem um departamento de manutenção estruturado. Suas principais atribuições incluem a preservação dos padrões operacionais, a administração de solicitações, a gestão de recursos e ativos físicos, o planejamento e execução de trabalhos e serviços, bem como a supervisão de processos de aquisição, controle de estoques e gerenciamento de indicadores de desempenho.

Segundo Takahashi (2013), as atividades de manutenção produtiva desempenham um papel fundamental na otimização do controle de qualidade, no cumprimento dos prazos de entrega, na redução de custos operacionais e na minimização da complexidade dos processos. Tais atividades constituem a base do gerenciamento e representam a essência da melhoria contínua da produtividade.

KPIs (Key Performance Indicators) são métricas quantificáveis utilizadas para avaliar a eficácia das operações organizacionais em diferentes áreas, incluindo a gestão da manutenção. Nesse contexto, a aplicação de indicadores de manutenção surge como uma ferramenta fundamental na gestão dos ativos.

A crescente complexidade dos processos industriais e a necessidade de reduzir paradas não programadas impulsionam a adoção de metodologias baseadas em indicadores de desempenho, como a disponibilidade física, Backlog Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR) e aderência aos planos de manutenção. Esses indicadores permitem uma abordagem estruturada para a tomada de decisões, contribuindo para a confiabilidade dos equipamentos e a sustentabilidade dos processos produtivos.

Viana (2002) destaca a relevância da integração entre os indicadores de manutenção, financeiros e de produção, apontando essa articulação como um fator determinante para o sucesso na gestão de ativos. O autor enfatiza, ainda, a importância da sinergia entre as funções de Manutenção e Operação nesse contexto.

A pesquisa será conduzida por meio de análise documental e estudo de caso, utilizando dados reais fornecidos pela empresa. O trabalho está estruturado em cinco seções: a introdução apresenta o contexto e os objetivos; a revisão da literatura aborda os principais conceitos relacionados à manutenção e indicadores de desempenho; a metodologia descreve os procedimentos adotados; os resultados apresentam a análise dos dados coletados; e a conclusão sintetiza os principais achados e apresenta recomendações voltadas à melhorias das práticas manutenção.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por finalidade analisar a aplicação de indicadores de manutenção em equipamentos de postos de combustíveis em uma mineradora.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento e tratamento de dados dos equipamentos;
- Analisar o desempenho das estratégias de manutenção preventiva e preditiva utilizando os indicadores de manutenção;
- Identificar pontos de melhoria no processo de manutenção atualmente adotado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANUTENÇÃO

A manutenção pode ser definida como o conjunto integrado de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou reestabelecer um item à um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462-1994). Por tanto, a principal finalidade da manutenção é preservar e aprimorar a confiabilidade e a regularidade de operação do sistema produtivo.

Kardec e Nascif (2009) destacaram a manutenção em quatro gerações:

- Primeira geração: correspondeu ao período anterior à Segunda Guerra Mundial, caracterizado por uma baixa mecanização industrial, com equipamentos simples, frequentemente superdimensionados. A produtividade não era prioritária, e a manutenção limitava-se a ações corretivas não planejadas, como limpeza, lubrificação e reparo após falhas.
- Segunda geração: essa geração ocorreu entre os anos de 50 e 70 do século passado, após a Segunda Guerra Mundial. O período das guerras provocou um aumento expressivo na demanda por produtos e uma redução significativa da mão de obra industrial, o que intensificou a mecanização e a complexidade das instalações fabris. Nesse cenário, tornou-se evidente a necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, surgindo assim o conceito de manutenção preventiva, inicialmente baseado em intervenções periódicas. Com o tempo, o aumento dos custos de manutenção em relação a outros custos operacionais impulsionou o desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle. Além disso, o elevado capital investido em ativos físicos e seu crescente custo levaram à busca por estratégias que prolongassem a vida útil dos equipamentos.
- Terceira geração: A partir da década de 70, observou-se uma aceleração significativa nas transformações industriais. A paralisação dos processos produtivos, que compromete a capacidade de produção, eleva os custos operacionais e afeta negativamente a qualidade dos produtos, passou a ser uma preocupação recorrente no setor. Esse cenário foi agravado pela adoção crescente de sistemas de produção baseados na filosofia *just-in-time*,

caracterizados por estoques reduzidos. Nessa configuração, interrupções mesmo que breves nas etapas de produção ou entrega poderiam resultar na paralisação total das atividades fabris.

O avanço da automação e da mecanização industrial destacou a importância da confiabilidade e da disponibilidade dos sistemas, não apenas no setor manufatureiro, mas também em áreas como saúde, processamento de dados, telecomunicações e gestão predial. Com o aumento da automação, tornou-se evidente que falhas técnicas impactam diretamente a manutenção dos padrões de qualidade, tanto em serviços quanto em produtos. Exemplo disso são as falhas em sistemas de climatização predial ou atrasos em redes de transporte causados por problemas em equipamentos.

Além dos impactos operacionais, as falhas têm acarretado consequências cada vez mais sérias para a segurança e o meio ambiente, justamente em um período de intensificação das exigências regulatórias nesses domínios. Em algumas regiões do mundo, as empresas se deparam com o desafio de atender plenamente a essas exigências, sob pena de terem suas atividades interrompidas. Nesse contexto, consolida-se, na chamada terceira geração da manutenção que reforçou o conceito de manutenção preditiva.

- Quarta geração: Na Quarta Geração da manutenção, permanecem relevantes os conceitos de disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade, considerados pilares fundamentais da Engenharia da Manutenção. Reduzir falhas prematuras continua sendo um dos principais desafios, sendo a análise de falhas uma prática consolidada para melhorar o desempenho dos equipamentos e da organização. Com o avanço das tecnologias, há um movimento crescente em direção à manutenção preditiva e ao monitoramento de condições, visando minimizar intervenções e evitar paradas desnecessárias. Em contrapartida, a manutenção preventiva programada e a corretiva não planejada têm sido reduzidas por impactarem negativamente a produção. Nesse contexto, projetos industriais modernos devem priorizar a confiabilidade, a disponibilidade e o custo do ciclo de vida, sendo essencial a integração entre engenharia, manutenção e operação para garantir a entrega de produtos com qualidade.

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

2.2.1 Manutenção Corretiva

Segundo a NBR-5462 (1994), a manutenção corretiva é aquela realizada após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restaurar o item às condições necessárias para o desempenho de sua função requerida. Para Viana (2002), ela se caracteriza-se por sua natureza reativa e aleatória, sem planejamento prévio, sendo frequentemente reconhecida nas fabricas como uma ação emergencial, comumente descrita como “apagar incêndios”.

2.2.2 Manutenção Preventiva

Segundo a NBR-5462 (1994), é a manutenção realizada em intervalos previamente estabelecidos, ou com base em critérios técnicos definidos, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um determinado item.

A manutenção preventiva, realizada de forma periódica, deve constituir a atividade central no âmbito das práticas de manutenção de qualquer empresa. De fato, ela representa o núcleo essencial das ações de manutenção. Essa modalidade envolve a execução de tarefas sistemáticas, como inspeções, revisões e substituição de componentes, entre outras. Uma vez implementada, a manutenção preventiva deve possuir caráter obrigatório (Xenos, 2014). Esse modelo de manutenção possui elevada relevância estratégica para as organizações, uma vez que assegura a disponibilidade dos equipamentos e instalações, aliando confiabilidade, segurança e adequação dos custos operacionais.

2.2.3 Manutenção Preditiva

De acordo com a NBR-5462 (1994), é a manutenção que visa assegurar a qualidade dos serviços por meio da aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando recursos de supervisão centralizada ou por amostragem.

A manutenção preditiva tem como principal objetivo a prevenção de falhas em equipamentos ou sistemas por meio do monitoramento contínuo de diversos parâmetros operacionais, permitindo sua operação pelo maior tempo possível sem interrupções. O conceito central associado a essa modalidade é a predição das condições dos ativos. Em outras palavras, a manutenção preditiva prioriza a disponibilidade dos sistemas, uma vez que as medições e

análises são realizadas com os equipamentos em pleno funcionamento, sem a necessidade de paradas operacionais (Kardec e Nascif, 2009).

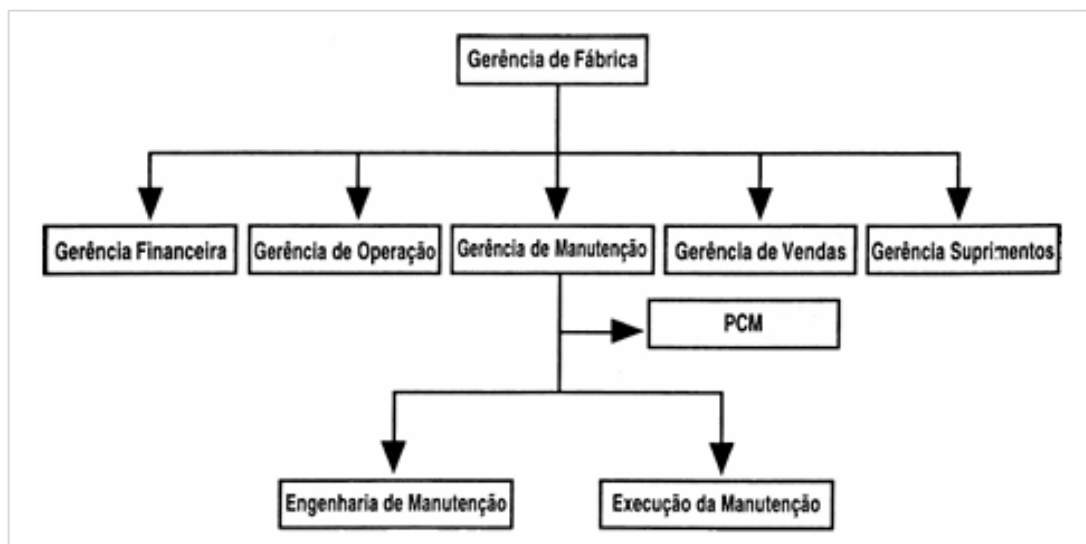
Segundo Viana (2002), as principais técnicas preditivas mais utilizadas na indústria são elas: ensaio por ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termografia.

Conforme destaca Xenos (2014), a manutenção preditiva promove a otimização do uso dos componentes, possibilitando o aproveitamento máximo de sua vida útil e a ampliação dos intervalos entre intervenções. O monitoramento técnico contínuo dos elementos permite que as substituições ocorram próximas ao final de sua vida operacional, com base no acompanhamento de variáveis como variações de vibração, condições de lubrificação e níveis de desgaste estrutural dos componentes mecânicos.

2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO

De acordo com Viana (2002), o PCM é uma unidade de apoio (staff) à área de manutenção, estando diretamente subordinado à gerência do departamento, conforme representado no organograma a seguir.

Figura 1 — Organograma de manutenção



Fonte: Viana (2002)

Para Nyeman & Levitt (2001), o planejamento consiste na elaboração prévia e detalhada de um conjunto de ações voltadas à realização de um objetivo específico no contexto da

manutenção, esse objetivo pode ser a execução de um reparo ou reforma em determinado equipamento. Quando bem planejadas, programadas e coordenadas, essas atividades tendem a gerar processos mais eficientes, com redução de custos, menor impacto nas operações, elevação da qualidade dos serviços, maior motivação da equipe, aumento da vida útil dos equipamentos e menor necessidade de reposição de peças.

Na Figura 1 é apresentado de forma resumida os processos dentro do PCM, bem como seu efetivo e regime de trabalho.

Tabela 1 – Processos do Planejamento e Controle da Manutenção

Setor	Responsabilidades	Efetivo	Turno
PCM	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecionar: Realizar as inspeções sensitivas e preditivas de todos os ativos da gerência, resultando nas demandas de manutenções condicionais. • Planejar: Realizar o planejamento das atividades de manutenção a curto, médio e longo prazo, com base nas demandas condicionais (inspeções) e planos sistemáticos (preventivos). • Aprovisionar: Realizar solicitação e compra de materiais e componentes, diligenciando sua entrega, para proporcionar mais eficiência à execução da manutenção. • Programar: Programar as atividades de manutenção de acordo com a necessidade do ativo, otimizando a utilização dos recursos. • Preparar: Preparar recursos necessários com antecedência para a execução das atividades e entregar no local, no tempo, na qualidade e quantidade em acordo com etapas de planejamento e programação. • Gerenciar KPIs: Monitorar e gerenciar os processos de PCM e de Execução, através da consolidação e análise de indicadores, propondo soluções para os desvios e falhas de processo bem como auxiliar a identificar oportunidades de melhoria. 	1 Supervisor 1 Engenheiro 3 Analistas 8 Técnicos 6 Planejadores 3 Aprovisionadores 3 Programadores 2 Preparadores 8 Inspetores 1 estagiário	ADM (de 8:00hs às 17:00hs) Segunda à sexta

Fonte: Autoria Própria

2.4 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os Key Performance Indicators (KPIs) são indicadores utilizados para quantificar o desempenho de determinados processos ou organizações em relação aos objetivos previamente definidos. Por sua natureza, representam as métricas mais específicas e alinhadas às metas estratégicas da organização. A definição adequada desses indicadores possibilita uma avaliação precisa do desempenho do objeto analisado, permitindo a tomada de decisões com base em dados concretos e favorecendo a melhoria contínua e a otimização dos processos (Ferreira, 2020).

Segundo Viana (2002), os indicadores de manutenção desempenham um papel fundamental tanto no acompanhamento dos desafios enfrentados pela área quanto na rotina operacional. O autor destaca ainda que esses indicadores devem refletir os aspectos mais relevantes do processo produtivo, cabendo ao setor de PCM definir os métodos mais adequados para monitoramento, priorizando sempre as atividades que agregam valor.

2.4.1 Disponibilidade física

De acordo com a NBR-5462 (1994), a disponibilidade pode ser compreendida como sua capacidade de um item se manter em condições operacionais para executar uma função específica em um dado momento ou durante um intervalo de tempo determinado. Essa condição considera, de forma integrada, fatores como confiabilidade, manutenibilidade e o suporte de manutenção, desde que os recursos externos necessários estejam disponíveis.

De forma geral, a disponibilidade física (DF) corresponde ao percentual de tempo em que um equipamento ou uma planta esteve efetivamente disponível para operação, considerando-se o total de horas do período analisado. Esse indicador permite avaliar o grau de utilização prática dos ativos em relação ao tempo total disponível (Viana, 2002).

A disponibilidade pode ser definida como sendo a relação entre as horas trabalhadas (HT) e as horas totais no período (HG), conforme a Equação 1.

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100 \quad (1)$$

Segundo Teles (2019), considera-se que um equipamento atinge um nível ótimo de disponibilidade quando esse indicador é igual ou superior a 85%.

2.4.2 Backlog

Para Branco Filho (2006), o backlog corresponde ao tempo necessário para que a equipe de manutenção conclua todas as ordens de serviço pendentes, considerando o uso total da força de trabalho disponível e assumindo que não sejam adicionadas novas demandas durante a execução das atividades já registradas e sob responsabilidade do setor de PCM.

Esse indicador representa a relação entre a demanda de serviços de manutenção e a capacidade da equipe em atendê-la. Para isso, considera-se a soma de todas as horas-homens (HH na carteira) previstas em carteira, dividida pela capacidade instalada da equipe executora (HH instalado), conforme mostrado na Equação 2. No entanto, é importante descontar uma margem de perda nessa capacidade, uma vez que os profissionais não estarão integralmente dedicados às atividades de manutenção, devendo-se considerar períodos destinados a outras tarefas, como treinamentos, reuniões e organização da oficina. De forma geral, adota-se uma estimativa de 20% para essa perda (Viana, 2002).

$$BACKLOG = \frac{\sum HH \text{ na carteira}}{\sum HH \text{ instalado}} \quad (2)$$

2.4.3 MTBF (Mean Time Between Failures)

Para Martins (2012), o Tempo médio entre falhas (Mean Time Between Failures – MTBF) corresponde ao intervalo de tempo de intervenções que ocorreram em um equipamento. Este indicador é útil à manutenção uma vez que permite mensurar o tempo médio entre falhas consecutivas do equipamento e, portanto, avaliar a confiabilidade do serviço realizado.

De acordo com Viana (2002), o MTBF é calculado através da relação entre total de horas disponíveis do equipamento para operação pela quantidade de intervenções corretivas realizadas nesse equipamento durante o período analisado (Equação 3).

$$MTBF = \frac{\sum \text{horas disponíveis}}{\text{Número de intervenções}} \quad (3)$$

2.4.4 MTTR (Mean Time To Repair)

De acordo com Martins (2012), o Tempo Médio Entre Reparos (Mean Time To Repair) corresponde o tempo médio necessário para reparar um equipamento após a falha.

Segundo Viana (2002), o MTTR é dado como sendo a relação entre o somatório de tempo em que o equipamento permaneceu indisponível de operação devido à manutenção (incluindo sistemáticas e condicionais) pelo número de intervenções no período (Equação 4).

$$MTTR = \frac{\sum \text{tempo de reparos}}{\text{Numero de intervenções}} \quad (4)$$

2.4.5 AMS (Aderência à manutenção sistemática)

O AMS é um indicador que mede o cumprimento das ordens de serviço oriundas dos planos de manutenção, verificando se as intervenções programadas foram executadas dentro dos prazos estabelecidos.

O cálculo é realizado pela relação entre a quantidade de ordens sistemáticas executadas pela quantidade de ordens sistemáticas planejadas (Equação 5):

$$AMS = \frac{\text{Qtd ordens sistemáticas executadas}}{\text{Qtd de ordens sistemáticas planejadas}} \quad (5)$$

2.4.6 AMC (Aderência à manutenção condicional)

Este indicador avalia se as manutenções condicionais estão sendo realizadas conforme a data estipulada de necessidade. Trata-se da razão entre o número de manutenções condicionais executadas dentro do prazo estabelecido e o total de manutenções condicionais previstas para o mesmo período, é a relação entre a quantidade de ordens condicionais executadas pela quantidade de ordens condicionais planejadas (Equação 6).

$$AMC = \frac{\text{Qtd ordens condicionais executadas}}{\text{Qtd de ordens condicionais planejadas}} \quad (6)$$

2.5 FERRAMENTAS

2.5.1 ERP SAP

ERP (Enterprise Resource Planning) é um sistema de gestão integrado, integrando todas as áreas organizacionais (produção, manutenção, finanças, RH, compras, logística, etc.) em um único sistema de informação.

A sigla SAP tem origem na expressão alemã *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*, cuja tradução para o português é “Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados”.

A SAP é uma das maiores empresas no segmento de software voltado à gestão empresarial. Possui um portfólio abrangente de soluções, oferecendo produtos personalizados de acordo com as necessidades específicas de cada cliente. Capelli et al. (2014, p. 1) ressaltam que, nos últimos anos, tem-se observado ampla utilização de sistemas integrados, os quais contribuem significativamente para o desenvolvimento dos negócios ao promoverem a integração de dados e processos em uma única base de dados.

O sistema em questão é composto por vários módulos que podem ser adquiridos e ajustados de acordo com as demandas particulares de cada empresa. O uso da plataforma permite ter uma visão unificada e em tempo real das operações da empresa, além de facilitar a automação de tarefas e a padronização de processos.

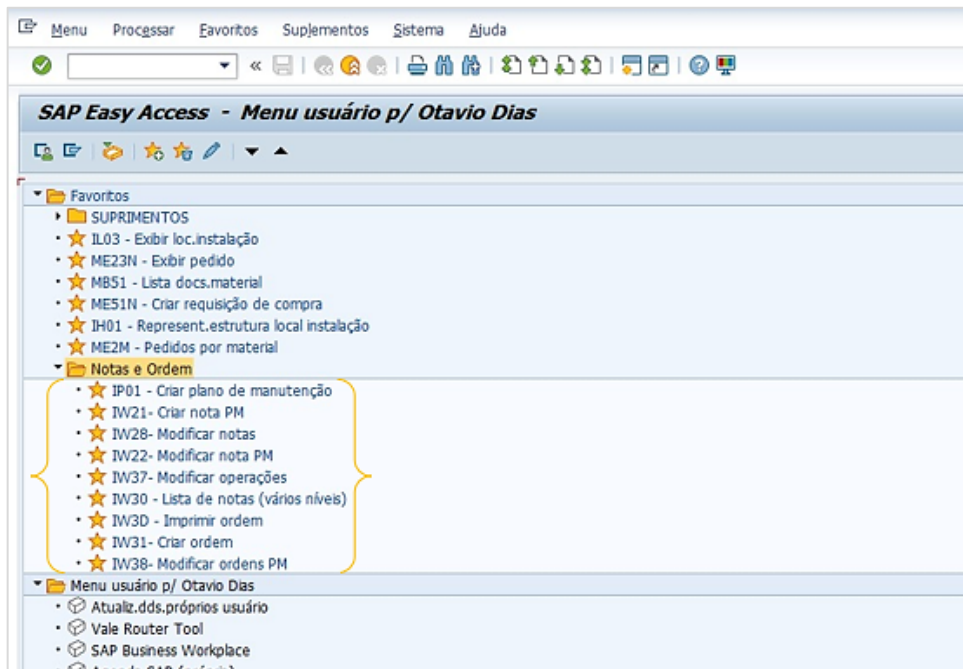
2.5.1.1 SAP PM (Plant Maintenance)

Este é o módulo dedicado à gestão da manutenção, abrangendo todas as atividades fundamentais, como inspeções, notificações, manutenções preventivas e corretivas, reparos, entre outras ações necessárias para garantir o bom funcionamento dos sistemas técnicos. No contexto do planejamento de manutenção, é viável criar planos fundamentados em critérios de tempo, utilização ou estado dos ativos. Esses planos incluem ações preventivas a serem realizadas em períodos regulares, a fim de prevenir falhas operacionais e estender a vida útil dos equipamentos.

O módulo SAP PM possibilita o agendamento das tarefas de manutenção, a execução de ordens de serviço, o registro do uso de materiais e a realização de várias outras atividades ligadas à gestão da manutenção.

A figura 2 mostra a interface do software destacando a pasta de transações utilizadas no controle de manutenção.

Figura 2 — Interface do software SAP PM



Fonte: SAP PM (2025)

2.5.2 Power BI

O Power BI é uma ferramenta de Business Intelligence (BI) desenvolvida pela Microsoft, empresa de destaque no setor tecnológico. Este software possui capacidade para processar grandes volumes de dados provenientes de diversas fontes, realizando o tratamento necessário para sua apresentação em dashboards e relatórios interativos. Fundamentado no conceito de Business Intelligence de Autoatendimento (Self-Service BI – SSBI), o Power BI promove maior autonomia aos usuários e reduz a dependência da área de Tecnologia da Informação (TI), além de possibilitar uma implantação mais ágil em comparação a outras soluções da mesma categoria. Tais características consolidam o Power BI como uma das ferramentas de BI mais relevantes e amplamente utilizadas no mercado. A seguir, serão apresentados os principais conceitos e funcionalidades do software.

Segundo o site oficial da Microsoft (2025), 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 Serve 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.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

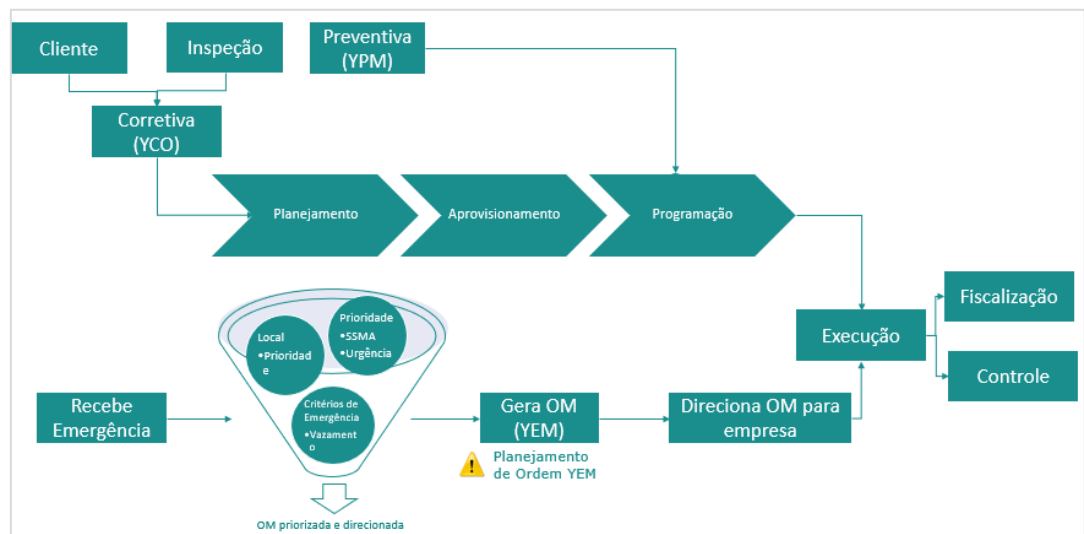
Trata-se de uma empresa mineradora de cobre, operando desde 2004, localizada no município de Canaã dos Carajás, região sudeste do estado do Pará. Descoberta em 1997, a mina teve sua construção iniciada em 2002 e é composta por dois corpos minerais principais, denominados Sossego e Sequeirinho. A lavra é realizada por meio de mineração a céu aberto, seguida por um processo de beneficiamento mineral. Após o beneficiamento, o produto é transportado por caminhões até um armazém localizado no município de Parauapebas. Em seguida, o material segue pela Estrada de Ferro Carajás até o terminal marítimo situado em São Luís, de onde é exportado para mercados nacionais e internacionais. A mina possui dois postos de combustíveis denominados de Posto Leve (onde são abastecidos os veículos de pequeno porte) e Posto Pesado (onde são abastecidos os veículos de operação denominados de “caminhões fora de estrada”). Os combustíveis dos postos são a segunda fonte de energia mais consumida dentro da empresa, ficando atrás apenas do consumo de energia elétrica.

3.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo teórico-aplicado, com uma abordagem descritiva e quantitativa. O procedimento utilizado consistiu na análise dos indicadores de manutenção desenvolvidos a partir de dados reais disponibilizados por uma empresa do setor de mineração de cobre, com foco específico em equipamentos presentes nos postos de combustíveis da mina.

A empresa dispõe de um sistema informatizado de gestão de manutenção via SAP PM, por meio do qual é possível registrar e acompanhar todas as atividades relacionadas às ordens de manutenção (OMs) garantindo rastreabilidade e coerência dos dados. Esse sistema integra as etapas de solicitação, programação, execução e encerramento das manutenções, possibilitando o armazenamento do histórico de intervenções e planos de ação sistemático e não-sistemático. O processo de manutenção segue um fluxo padronizado ilustrado na figura 3, o cliente (operação) ou a inspeção gera a nota, o Planejamento, Aprovisionamento e Programação gera a ordem, a Execução aponta mão-de-obra e evidência.

Figura 3 — Fluxograma de manutenção



Fonte: Autoria Própria

Para a realização desta pesquisa, foram coletados dados históricos referentes ao período de 01 de janeiro a 31 de julho no sistema SAP PM, abrangendo todos os ativos presentes nos postos de combustíveis da mina, um total de 165. Em seguida, com base em critérios técnicos e operacionais, foi realizada uma seleção dos ativos críticos, definidos como aqueles que apresentam maior impacto na produção em caso de falha, um total de 56.

O tratamento dos dados foi realizado a partir dos dados extraídos do sistema SAP em formato de planilha eletrônica através da transação IW37 (figura 4), onde constam todas as informações relacionadas as OMs (local de instalação, tipo de ordem, horas de trabalho, centro de trabalho responsável etc.). Cada indicador foi calculado com base em fórmulas padronizadas, conforme descrito no referencial teórico, e os resultados foram organizados e visualizados em um dashboard por meio da ferramenta Power BI, permitindo uma análise dinâmica e interativa dos dados.

Figura 4 — Registro de ordens de manutenção

Modificar operações: Lista operações de ordem													
Ctrl	1ª data início	Ordem	Txt.breve operação	Local de instalação	DurNrm	Ex. #	Trabalho	Tp.	I	StatUsuár.	Centro de trabalho*	Stat.sist.	Dt.ref...
	19.05.2025	202502019010	SUBSTITUIR CONTATORA PAINEL BA06	COSS-APD-OFC-OFC01-4101BA06	2,0	1	2,0	YCO		EXEC PR...	EX99GAEL	IMPR LIB N...	19.0...
	19.05.2025	202502185403	REALIZAR LEVANT ESTRUT ELÉT PORTÃO POSTO	COSS-APD-UJL-ABT02-ED_1810...	3,0	2	6,0	YCO		EXEC PR...		IMPR LIB N...	19.0...
	26.05.2025	202502229026	INSTALAR PONTO TOMADA 440 TANC LUBRIF	COSS-APD-OFC-OFC01-4101TQ02	3,2	2	6,4	YCO		AGDO		LIB NOLQ	26.0...
	09.06.2025	202502916762	SEPARAR CIRCUITO BOMBA BA6 E BA7 TANCAG	COSS-APD-OFC-OFC01-4101BA06	6,4	2	12,8	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	09.0...
	09.05.2025	202501834628	INSPECIONAR ELEM FILTRANTES POSTO PESADO	COSS-APD-UJL-ABT02-TQ_1810...	4,0	2	8,0	YCO		ENCR	EX99GAME	CONF ENTE	05.0...
	20.05.2025	202502202954	LEVANTAMENTO COMON ÁREA CLASSIFICADA	COSS-APD-UJL-ABT02-TQ_1811...	4,0	2	8,0	YCO		ENCR PR...		CONF ENTE	05.0...
	21.05.2025	202502657933	CONFECCIONAR CARRETEL BOMBA 1810 01R	COSS-APD-UJL-ABT02-BQ_1810...	6,4	2	12,8	YCO		AGDO PR...		IMPR LIB N...	21.0...
	22.05.2025	202502657933	CONFECCIONAR CARRETEL BOMBA 1810 01R	COSS-APD-UJL-ABT02-BQ_1810...	6,4	2	12,8	YCO		AGDO PR...		IMPR LIB N...	21.0...
	02.06.2025	202502723636	ALINHAR BOMBA BA 05 TANCAGEM LUBRIF	COSS-APD-UJL-ABT02-BQ_1811...	3,2	2	6,4	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	26.05.2025	202502724192	SUBSTITUIR TRECHO DE TUBULAÇÃO BOMBA 05	COSS-APD-OFC-OFC01-4101BA05	2,0	2	4,0	YCO		EXEC PR...		IMPR LIB N...	26.0...
	02.06.2025	202502831987	ALINHAR BOMBA 1810 01R POSTO PESADO	COSS-APD-UJL-ABT02-BQ_1810...	3,2	2	6,4	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	02.06.2025	202502833126	REPARAR BOMBA 1810 01 POSTO PESADO	COSS-APD-UJL-ABT02-BQ_1810...	3,2	2	6,4	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	02.06.2025	202502851203	RETRAIR BOMBA BQ 1811 02 TANCAGEM COMBUS	COSS-APD-UJL-ABT02-BQ_1811...	2,0	2	4,0	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	26.05.2025	202502724082	FABRICAR SUPORTE CONFORME MOLDE DIA1	COSS-APD-OFC-OFC01-4101BA06	6,4	2	12,8	YCO		EXEC PR...	EX99GASO	IMPR LIB N...	26.0...
	02.06.2025	202502724085	FABRICAR SUPORTE CONFORME MOLDE DIA1	COSS-APD-UJL-ABT02-ED_1810...	6,4	2	12,8	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	03.06.2025	202502724085	FABRICAR SUPORTE CONFORME MOLDE DIA2	COSS-APD-UJL-ABT02-ED_1810...	6,4	2	12,8	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	03.06.2025	202502724086	FABRICAR SUPORTE CONFORME MOLDE DIA1	COSS-APD-UJL-ABT02-ED_1810...	6,4	2	12,8	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	03.06.2025	202502724086	FABRICAR SUPORTE CONFORME MOLDE DIA2	COSS-APD-UJL-ABT02-ED_1810...	6,4	2	12,8	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	04.06.2025	202502724086	FABRICAR SUPORTE CONFORME MOLDE DIA3	COSS-APD-UJL-ABT02-ED_1810...	6,4	2	12,8	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	02.0...
	02.06.2025	202502724192	RECORSTAR TUBULAÇÃO	COSS-APD-OFC-OFC01-4101BA05	6,4	2	12,8	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	26.0...
	02.06.2025	202502850256	INSTALAR MOTOR BA 03R POSTO LEVE	COSS-APD-UJL-ABT01-BQ_4106...	2,0	2	4,0	YCO		AGDO	EX99HSSE	IMPR LIB N...	02.0...
	16.06.2025	202503218604	INSTALAR PARAFUSOS EM CONDLT ÁREA 1810	COSS-APD-UJL-ABT02-ED_1810...	1,0	2	2,0	YCO		AGDO		IMPR LIB N...	16.0...
	16.06.2025	202503218611	INSTALAR PARAFUSOS EM CONDLT ÁREA 1811	COSS-APD-UJL-ABT02-ED_1810...	1,0	2	2,0	YCO		ENCR		CONF IMPR	16.0...
	20.06.2025	202503026624	Calibração recebimento Diesel Pesado-SSG	COSS-APD-UJL-ABT02-ST_1810...	3,0	1	3,0	YCO		AGPL	EX99HSSI	ABER	20.0...
	02.06.2025	202502849279	CORRIGIR VEDAÇÃO TAMPA DO FILTRO BA07	COSS-APD-OFC-OFC01-4101BA07	3,0	2	6,0	YCO		ENCR	EX99HSSM	CONF ENTE	27.0...
	27.06.2025	202502854086	CORRIGIR VEDAÇÃO TAMPA DO FILTRO BA06	COSS-APD-OFC-OFC01-4101BA06	2,0	2	4,0	YCO		ENCR		CONF ENTE	27.0...

Fonte: SAP PM 2025

Foram selecionados os seguintes indicadores de manutenção, com base na literatura e nas práticas da empresa:

- Disponibilidade física (%): medida da capacidade operacional dos ativos durante o tempo programado para operação. Para esse indicador foi selecionado apenas os ativos considerados críticos prioritários com meta estabelecida de 80% de disponibilidade;
- Backlog (dias): estimativa do acúmulo de horas de manutenção pendentes, que indica o equilíbrio entre demanda e capacidade de atendimento. A quantidade de homem-hora disponível é calculada para 6 colaboradores responsáveis pela manutenção técnica (2 mecânicos, 2 eletricitas 1 instrumentista e 1 caldeireiro). A meta estabelecida é de 10 a 30 dias para o backlog.
- MTBF (Mean Time Between Failures): tempo médio entre falhas, importante para avaliar a confiabilidade dos ativos, assumindo que a quantidade máxima de horas disponíveis no mês é de 720 horas, quanto mais próximo o MTBF for desse valor, melhor será. O ativo avaliado trata-se de uma bomba de abastecimento do Posto Pesado (Figura 5), que apresentou um total de 13 falhas durante o período de janeiro a julho de 2025.
- Diagrama de Pareto: é uma ferramenta visual que ajuda a identificar e priorizar os principais problemas ou causas que contribuem para um resultado específico. Baseia-se na regra 80/20, que sugere que 80% dos efeitos vêm de 20% das causas.

Figura 5 — Bomba de Abastecimento



Fonte 1: Autoria Própria

- MTTR (Mean Time To Repair): tempo médio para reparo, utilizado para medir a eficiência das ações corretivas, quanto menor for o valor, melhor. Nesse indicador também será avaliado a bomba de abastecimento do Posto Pesado.
- Aderência ao plano de manutenção (%): proporção entre as manutenções realizadas conforme o plano pré-estabelecido e o total de manutenções programadas com meta de 80%.

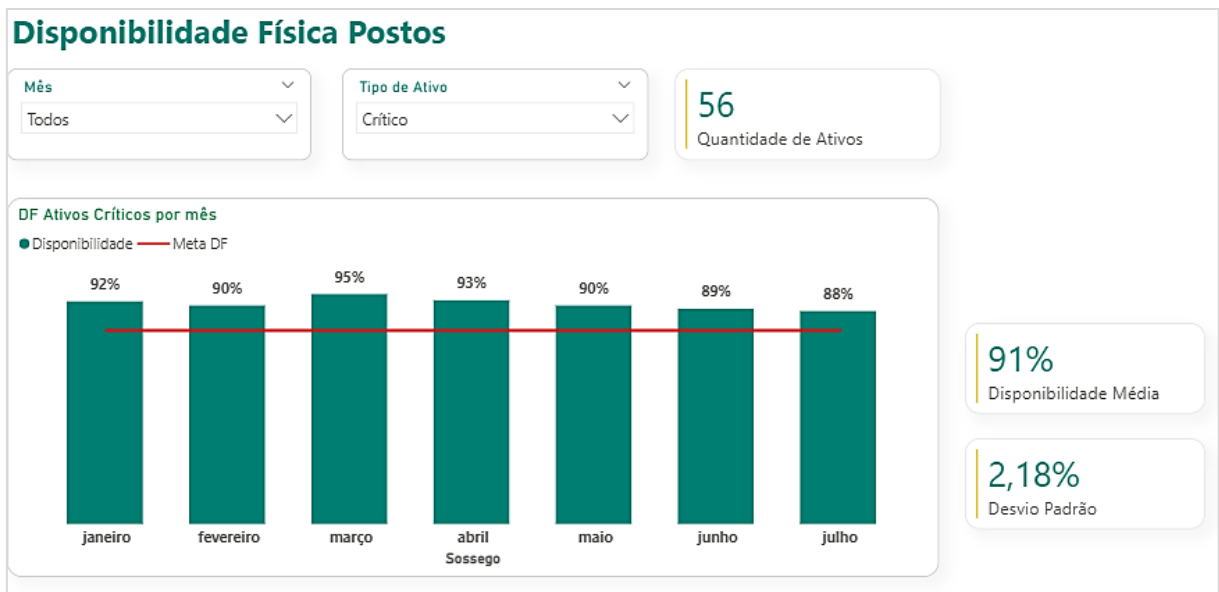
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE FÍSICA

Conforme ilustrado na Figura 6, os valores de disponibilidade física dos ativos críticos mantiveram-se consistentemente acima da meta estabelecida ao longo de todo o período analisado, apresentando variações mensais mínimas. Esse desempenho está diretamente relacionado à efetividade das estratégias de manutenção preventiva e preditiva adotadas, que são priorizadas para esses ativos devido à sua importância operacional.

Esse cenário evidencia a maturidade do plano de manutenção aplicado aos ativos críticos, refletindo diretamente na alta disponibilidade física observada. Além disso, a estabilidade dos índices ao longo dos meses sugere que os processos de planejamento e execução das manutenções estão bem alinhados com os objetivos de desempenho da operação, garantindo a continuidade das atividades com mínima interferência.

Figura 6 — Disponibilidade física



Fonte: Autoria Própria

4.2 ANÁLISE DO BACKLOG

Durante o período analisado, foram registradas 120 ordens de manutenção, totalizando 1.037,5 horas acumuladas na carteira de manutenção. Com base na capacidade diária de execução de 38,4 HH/dia, conforme ilustrado na Figura 7, esse volume representa um backlog equivalente a 27 dias de trabalho.

Esse indicador revela que, considerando os recursos humanos disponíveis, seriam necessários 27 dias para atender integralmente todas as ordens pendentes. Deste total, aproximadamente 1 dia corresponde a intervenções em ativos críticos, enquanto os 26 dias restantes estão distribuídos entre os demais ativos da planta. Essa distinção é relevante, pois demonstra que os ativos críticos estão recebendo atenção prioritária, alinhando-se com as estratégias de confiabilidade e disponibilidade operacional.

A análise do backlog fornece uma visão consolidada da carga de trabalho acumulada e da capacidade de resposta da equipe de manutenção. O valor de 27 dias está dentro da meta estabelecida pela empresa, o que indica um equilíbrio entre demanda e capacidade operacional. No entanto, a manutenção de um backlog controlado não deve ser apenas um objetivo numérico, mas sim parte de uma estratégia contínua de melhoria.

A próxima etapa consiste em reduzir ainda mais esse backlog de forma estratégica, por meio da análise detalhada das ordens de serviço. Isso inclui a identificação de atividades recorrentes, avaliação da criticidade dos ativos envolvidos, priorização de tarefas com maior impacto na operação e revisão dos planos de manutenção.

Figura 7 — Backlog



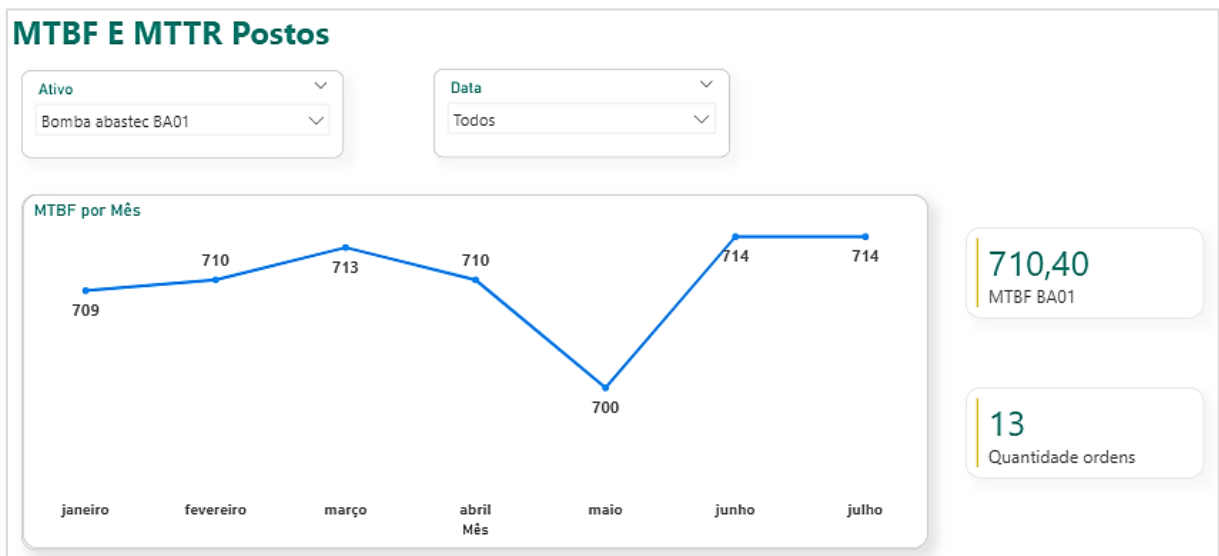
Fonte: Autoria Própria

4.3 ANÁLISE DO MTBF E MTTR

Durante o período analisado, a bomba de abastecimento apresentou um MTBF (Mean Time Between Failures) total de 710 horas, distribuído em 13 paradas, conforme ilustrado na Figura 8. Esse valor demonstra que o ativo manteve um desempenho operacional consistente, com baixa variabilidade entre os ciclos de falha, o que indica um elevado grau de confiabilidade. O MTBF observado está bastante próximo das horas disponíveis mensais, reforçando a capacidade do equipamento de operar por longos períodos sem interrupções significativas.

Por outro lado, conforme ilustrado na Figura 9, o MTTR foi de 9,6 horas, o que representa uma duração relativamente elevada para a realização das manutenções corretivas. Essa métrica contempla todo o ciclo de recuperação do ativo, desde a identificação da falha até o restabelecimento completo da operação. A análise detalhada revela que esse tempo está fortemente influenciado por fatores operacionais, como o tempo de espera até que o equipamento seja bloqueado para intervenção, processo que depende da atuação de outra equipe responsável pela segurança da planta.

Figura 8 — Mean Time Between Failures



Fonte: Autoria Própria

Figura 9 — Mean Time to Repair



Fonte: Autoria Própria

Além disso, a falta de peças sobressalentes em estoque contribui significativamente para o aumento do tempo de reparo, gerando atrasos adicionais até que os componentes necessários sejam disponibilizados. Essa limitação evidencia a necessidade de revisão na gestão de materiais e no planejamento logístico, visando reduzir o tempo de resposta às falhas e melhorar a manutenibilidade do ativo.

A combinação de um alto MTBF com um MTTR elevado sugere que, embora o equipamento seja confiável, há oportunidades de melhoria nos processos de manutenção corretiva, especialmente no que diz respeito à integração entre equipes e à eficiência na cadeia de suprimentos.

4.4 DIAGRAMA DE PARETO

Conforme Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), o controle estatístico de processo compreende um conjunto de técnicas destinadas à análise de variações nos processos produtivos, com o objetivo de identificar sua origem e a frequência com que ocorrem. Segundo Ramos (2000), sua aplicação é voltada aos processos organizacionais, sendo que, com base no princípio de Pareto, apenas uma parcela desses processos é responsável pela maior parte dos impactos nos resultados. O Diagrama de Pareto tem como propósito evidenciar a relevância relativa das diferentes condições associadas a um problema, com o intuito de definir o ponto inicial para sua abordagem, identificar a causa principal e acompanhar os resultados obtidos com as ações implementadas (Machado, 2012).

A tabela a seguir apresenta o histórico das causas das paradas do equipamento, bem como a respectiva porcentagem de representatividade em relação ao total de ocorrências, servindo de base para a construção do Diagrama de Pareto.

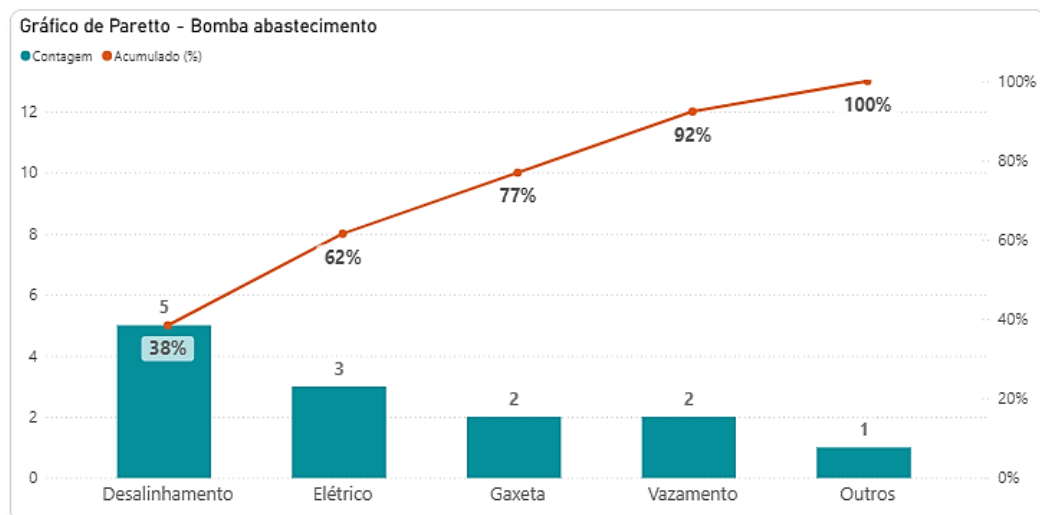
Tabela 2: Histórico das paradas — Bomba Abastecimento

Causas das paradas	Frequência	Porcentagem	Acumulado	Acumulativo (%)
Desalinhamento	5	38%	5	38%
Elétrico	3	23%	8	62%
Gaxeta	2	15%	10	77%
Vazamento	2	15%	12	92%
Outros	1	8%	13	100%

Fonte 2: Autoria Própria

Com os dados analisados, foi possível identificar os problemas mais recorrentes que o equipamento apresentou durante o período, um total de 13 paradas, sendo a mais frequente relacionada à desalinhamento, visto que dentro do tempo em que o equipamento ficou parado, tal problema representa 38% das causas. A figura 10 ilustra o gráfico de Pareto.

Figura 10 — Gráfico de Pareto



Fonte: Autoria Própria

Analisando o equipamento na área, foi identificado que essa condição de desalinhamento estava relacionada com o deslocamento lateral do motor, resultando em

desgaste do elemento elástico do acoplamento, conforme ilustrado na Figura 11. Como medida corretiva, propôs-se a instalação de pontos de fixação nas laterais da base do motor, com o objetivo de restringir seu movimento e, conseqüentemente, reduzir a ocorrência de desalinhamentos.

Figura 11 — Falha no acoplamento



Fonte 3: Autoria Própria

Essa condição pode ser agravada por vibrações provenientes do funcionamento contínuo do motor, aumentando a probabilidade de desalinhamento. A adoção de pontos de fixação laterais contribui para a estabilidade estrutural do conjunto, reduzindo esforços dinâmicos sobre o acoplamento, prolongando a vida útil dos componentes e garantindo a disponibilidade do equipamento. A Figura 12 apresenta a configuração após à implementação da melhoria.

Figura 12 — Melhoria implementada



Fonte: Autoria Própria

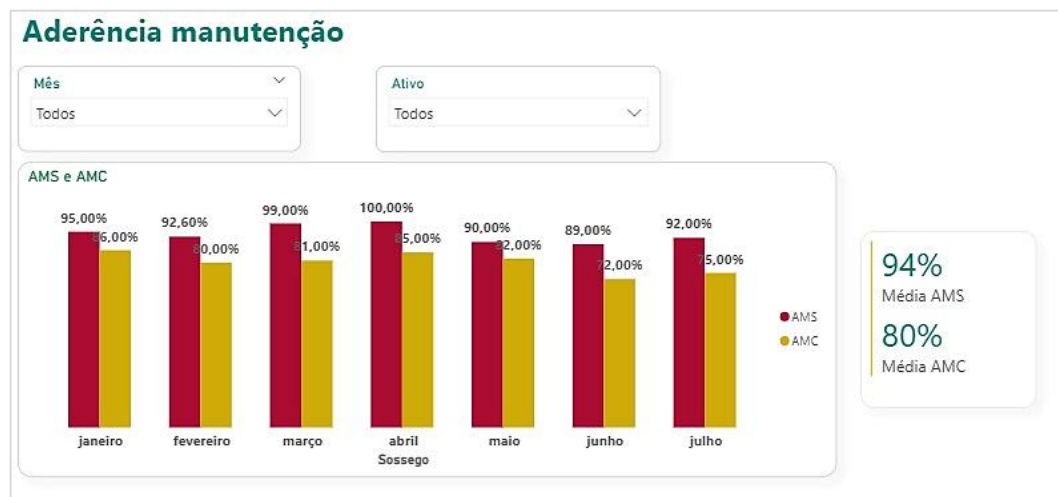
4.5 ANÁLISE DA AMS E AMC

Os resultados obtidos demonstram que a aderência às manutenções sistemáticas e condicionais esteve alinhada com as metas estabelecidas para o período analisado. As manutenções sistemáticas apresentaram um desempenho destacado, com um índice médio de 94% de cumprimento. Esse resultado reforça a importância estratégica dessas intervenções para garantir a confiabilidade e a continuidade operacional dos ativos, especialmente os de maior criticidade.

As manutenções condicionais, por sua vez, atingiram 80% de aderência, valor considerado satisfatório dentro dos parâmetros esperados. No entanto, observou-se uma queda pontual nos meses de junho e julho, período em que ocorreu a desmobilização parcial da equipe técnica de manutenção, reduzida temporariamente para apenas três colaboradores. Essa limitação de recursos humanos impactou diretamente à execução das atividades planejadas, refletindo na diminuição do índice de cumprimento das ordens condicionais.

Esse cenário, ilustrado na Figura 13, evidencia a sensibilidade dos indicadores de manutenção à disponibilidade de mão de obra qualificada, além de destacar a necessidade de estratégias de contingência para mitigar os efeitos de variações na equipe.

Figura 13 — AMS e AMC



Fonte: Autoria Própria

5 CONCLUSÃO

Explorando os indicadores, o presente trabalho atingiu seu objetivo geral e os objetivos específicos, pois os indicadores permitiram analisar e compreender o desempenho dos ativos e identificar pontos de melhoria nos processos de manutenção.

Os resultados obtidos ao longo da análise demonstram que os principais indicadores de manutenção apresentaram desempenho satisfatório frente às metas estabelecidas. A disponibilidade física dos equipamentos manteve-se consistentemente acima do valor de referência, evidenciando a eficácia das estratégias adotadas para garantir a operação contínua dos ativos, porém, foi identificado uma queda nos últimos três meses, influenciado pela redução da equipe durante esse período. O indicador de backlog foi mantido sob controle, com média de 27 dias, o que sugere uma gestão eficiente das ordens de serviço pendentes.

O MTBF apresentou um desempenho positivo, com média de 710 horas, refletindo a confiabilidade dos equipamentos. Por outro lado, o MTTR foi considerado elevado, com média de 9,6 horas, sendo influenciado por fatores como a indisponibilidade de peças sobressalentes e a dependência de outras equipes para a execução de determinadas atividades de manutenção.

A aderência às manutenções sistemáticas alcançou 94%, reforçando o comprometimento com a preservação dos ativos críticos. Já a aderência às manutenções condicionais foi de 80%, com variações negativas em períodos de redução da força de trabalho, o que indica a necessidade de ajustes na alocação de recursos humanos.

A análise detalhada de falhas em uma das bombas, realizada por meio do diagrama de Pareto, permitiu a identificação da principal causa de parada do equipamento. A implementação de ações corretivas resultou na eliminação dessa falha específica, contribuindo diretamente para o aumento da disponibilidade operacional do ativo.

A contribuição efetiva do trabalho consiste em fornecer uma avaliação prática e estruturada dos indicadores de manutenção aplicados a um contexto operacional específico, encontrando pontos que visam a otimização no tempo médio entre reparos, gestão de sobressalentes e estabelecer planos de contingência. Para a comunidade científica, o estudo apresenta um caso aplicável e replicável, que pode servir como referência para pesquisas futuras sobre manutenção em ambientes industriais. Para a organização, os resultados contribuem para aumentar a disponibilidade dos equipamentos, reduzir riscos de paradas e estabelecer planos bem estruturados.

REFERÊNCIAS

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

BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência moderna Ltda. 2006.

CAPELLI, Andressa Lacerda; STORK, Emanuela; SCHUNSKI, Fernanda; TOAZZA, Mieli; LEONI, Thais. **Implementação e avaliação do sistema ERP-SAP na empresa JOHN Deere Brasil - fábrica de tratores**. Caderno de Administração, vol. 8, n. 1., p. 38-49, 2014. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/caadm/article/view/21135>. Acesso em: 15 ago. 2025.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2.ed. Ed. Atlas, São Paulo 2005.

FERREIRA, Henrique da Cunha. **Indicadores de desempenho da Manutenção dos navios da Marinha**. Orientador: Rui Pedro Chedas Sampaio. 2020. Dissertação (Ciências Militares Navais) – Talant de Bien Faire, Alfeite, 2020.

FILHO, G. B. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda.; 2008.

KARDEC, A; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MACHADO, Simone. **Gestão da Qualidade**. Inhumas/GO: e-Tec Brasil, 2012.

MARTINS, Ana Patrícia Riberio de Almeida Pires. **A Influência da Manutenção Industrial no Índice Global de Eficiência (OEE)**. Dissertação (Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial) — Universidade Nova de Lisboa, 2012.

MICROSOFT. **O que é Power BI**. Agosto, 2025. Disponível em <<https://learn.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>>, acesso em 20 de agosto de 2025.

NYMAN, Don, LEVITT, Joel. **Maintenance Planning, Scheduling and Coordination**. New York: Industrial Press Inc., 2001, 228 p.

TAKAHASHI, Y. & OSADA, T. **TPM/MPT Manutenção Produtiva Total**. 5° ed. São Paulo: Editora IMAM, 2013.

RAMOS, A. W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. Ed. Edgard Blücher, Fundação Vanzolini, São Paulo, 2000.

TELES, Jhonata. **Planejamento e Controle de Manutenção Descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do PCM**. Brasília: Engeteles Editora, 2019. 239 p.

VIANA, H. R. G. PCM, **Planejamento e Controle de Manutenção**. 1° ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002.

XENOS, Harilaus Georgius D' Philippos. **Gerenciando a manutenção produtiva**. 2. ed. Nova Lima: Editora FALCONI, 2014.