



Universidade Federal do Pará – UFPA
Campus universitário de Tucuruí – CAMTUC
Faculdade de Engenharia Mecânica – FEM

DANIEL DE SOUSA SILVA

**INFLUÊNCIA DE BACKLOGS DE MANUTENÇÃO
MECÂNICA DE EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO**

TUCURUÍ – PA
2026

DANIEL DE SOUSA SILVA

**INFLUÊNCIA DE BACKLOGS DE MANUTENÇÃO
MECÂNICA DE EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como requisito parcial para
obtenção de grau de Bacharel em
engenharia mecânica, pela Unidade
Federal do Pará.

Orientador: Dr Fernando Nunes da Silva

**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)**

D278i de Sousa Silva, Daniel.
INFLUÊNCIA DE BACKLOGS DE MANUTENÇÃO
MECÂNICA DE EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO / Daniel
de Sousa Silva. — 2026.
v, 9 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Fernando Nunes da Silva
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
, 3, Tucuruí, 2026.

1. Gestão de Backlog. 2. Confiabilidade. 3. Manutenção
Mecânica. I. Título.

CDD 620.0046

DANIEL DE SOUSA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como requisito parcial para
obtenção de grau de Bacharel em
engenharia mecânica, pela Unidade
Federal do Pará

Data de Aprovação 13/07/2026
Conceito: Excelente

BANCA EXAMINADORA

Orientador

Dr. Fernando Nunes da Silva - UFPA

Examinador Interno

Me. Arthur dos Reis L. Fontana - UFPA

Examinador Externo

Me. Danilo Silva Santos - UFPA

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Metodologia.....	2
2.1. Janela de Estudo	2
2.2. Backlogs Abertos	3
2.3. Backlogs Executado	3
2.4. Backlogs Pendentes.....	3
2.5. Disponibilidade física.....	3
2.6. Tempo médio entre falhas	4
2.7. Tempo médio para reparo	4
3. Resultados e Discussões	5
3.1. Backlogs e Confiabilidade	5
3.2. Dificuldades de execução.....	6
3.3. Recuperação de indicadores	7
4. Conclusão	8
Referências	8

INFLUÊNCIA DE BACKLOGS DE MANUTENÇÃO MECÂNICA DE EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

Daniel de Sousa Silva (Universidade Federal do Pará) E-mail: daniel.silva@tucurui.ufpa.br
Fabio de Paiva Cota (Universidade Federal de São João del-Rei) E-mail: fpcota87@hotmail.com
Fernando Nunes da Silva (Universidade Federal do Pará) E-mail: nunesdasilvaf@ufpa.br

Resumo: A manutenção em frotas de caminhões fora-de-estrada de mineração é estratégica para garantir a confiabilidade de ativos sob condições severas. Este artigo analisa a relação entre a gestão do backlog e o desempenho operacional de uma frota de 17 equipamentos ao longo de doze meses, utilizando os indicadores MTBF, MTTR e Disponibilidade Física (DF). A metodologia consistiu na análise da relação entre o volume de ordens pendentes e a estabilidade mecânica dos ativos. Os resultados demonstram que picos de backlog superiores a 800 ordens precederam quedas acentuadas no MTBF, evidenciando que acúmulo e falta de execução de backlogs em intervenções preventivas pode aumentar o risco de falhas corretivas. Observou-se que a elevação do MTTR em períodos de alta execução de backlogs ou causada por falhas em componentes em sistema mais complexos ou fundamentais exigem reparos longos. Conclui-se que estratégias de priorização de backlogs técnico é essencial para evitar falhas catastróficas ou recorrentes, assegurando a confiabilidade e a disponibilidade da frota.

Palavras-chave: Gestão de Backlog, Confiabilidade, Manutenção Mecânica.

INFLUENCE OF BACKLOGS ON THE MECHANICAL RELIABILITY OF MINING EQUIPMENT

Abstract: Maintenance in off-road mining truck fleets is strategic to ensure asset reliability under severe conditions. This article analyzes the relationship between backlog management and the operational performance of a 17-unit fleet over twelve months, utilizing Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), and Physical Availability (PA) indicators. The methodology consisted of correlating the volume of pending orders with the mechanical stability of the assets. The results demonstrate that backlog peaks exceeding 800 orders preceded sharp drops in MTBF, evidencing that the accumulation and lack of backlog execution in preventive interventions lead systems to corrective failures. It was observed that the increase in MTTR during periods of high backlog execution or caused by component failures in more complex or fundamental systems, requires extensive repair times. It is concluded that technical backlog prioritization strategies are essential to avoid catastrophic or recurrent failures, ensuring the fleet's reliability and availability

Keywords: Backlog Management, Reliability, Mechanical Maintenance.

1. Introdução

A manutenção é fundamental para assegurar o bom funcionamento e a durabilidade dos equipamentos, aumentando sua confiabilidade por meio da detecção antecipada de problemas. Ela previne falhas, permite recuperações rápidas em paradas não programadas e reduz custos e tempo de inatividade, garantindo maior disponibilidade. Além disso, a manutenção mantém ou melhora o desempenho e prolonga a vida útil das máquinas (CARNEIRO, 2024).

Na área da mineração, a manutenção é essencial para evitar falhas graves que podem comprometer diretamente a produção ou a segurança dos trabalhadores. Manter um bom ciclo de manutenção em máquinas pesadas, como escavadeiras e caminhões, é fundamental para garantir a confiabilidade dos equipamentos e evitar paradas não programadas ou acidentes operacionais (JARDINE et al. 2006). Nos sistemas produtivos, a manutenção passou a ser considerada uma função estratégica do negócio, pois contribui para o bom desempenho operacional, garante a disponibilidade dos ativos e possibilita o monitoramento das condições dos equipamentos, assegurando, assim, a qualidade dos produtos (KARDEC e NASCIF, 2009; PAULA, 2021).

Acompanhar e gerenciar a qualidade das atividades de manutenção é fundamental para garantir o desempenho dos processos produtivos e a qualidade dos produtos. Segundo Teles (2017), entre os indicadores de gestão da manutenção, um dos mais utilizados é o backlog, um indicador de desempenho que quantifica as atividades pendentes. O backlog representa o volume de trabalhos de manutenção que foram identificados e aprovados, mas que ainda não foram executados, possibilitando avaliar a capacidade de planejamento de paradas programadas, bem como estimar o tempo de inatividade e a mão de obra necessária para a realização das atividades. Dessa forma, esse indicador se apresenta como uma ferramenta fundamental para o controle e a eficiência da manutenção (CATERPILLAR INC., 2019).

Além disso, o backlog de manutenção apresenta relação direta com outros indicadores de desempenho amplamente utilizados na gestão de ativos, como a DF (Disponibilidade Física), o MTBF (Mean Time Between Failures - Tempo Médio Entre Falhas) e o MTTR (Mean Time To Repair - Tempo Médio para Reparo). Segundo Rødseth e Schjøberg (2017), níveis elevados de backlog podem comprometer o planejamento das atividades de manutenção e dificultar a priorização das intervenções preventivas, resultando em impactos negativos no desempenho operacional dos sistemas produtivos. Paralelamente, indicadores como MTBF e MTTR são fundamentais para a avaliação da confiabilidade e da eficiência das intervenções de manutenção dos equipamentos, refletindo a efetividade das estratégias de manutenção adotadas (MOEMENISHAKHRAKI, 2025).

Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é analisar, por meio de um estudo de caso, a relação entre a gestão do backlog de manutenção e o desempenho e confiabilidade da manutenção de uma frota de caminhões fora-de-estrada de mineração, com base em indicadores como MTBF, MTTR e DF, ao longo de um período de doze meses.

2. Metodologia

2.1. Janela de Estudo

Neste estudo, o backlog de manutenção foi considerado como o conjunto de ordens de manutenção aprovadas e registradas no sistema de gestão da manutenção da organização, organizadas em uma carteira estruturada para acompanhamento e controle das atividades. A carteira de backlog analisada neste estudo foi classificada conforme o status das ordens de manutenção, de dados ao longo de um período de doze meses, de uma frota de caminhões fora-de-estrada permitindo a avaliação do fluxo de geração e execução das atividades ao longo do período observado. A partir dos dados extraídos dessa carteira, é possível relacionar informações ao desempenho da frota por meio da avaliação de indicadores de performance.

A gestão do backlog de manutenção está associada ao controle e ao planejamento das atividades de manutenção, influenciando a organização das intervenções e a administração das demandas acumuladas. Em ambientes industriais, especialmente na mineração, a adequada gestão do backlog contribui para o planejamento das paradas e para a alocação eficiente de recursos (ROBATTO SIMARD et al., 2023).

Uma outra forma de avaliar e mensurar o desempenho dos processos de manutenção é por meio da utilização de indicadores como a Disponibilidade Física, o MTBF e o MTTR. Esses indicadores permitem analisar aspectos relacionados à confiabilidade dos equipamentos, à duração das intervenções e à eficiência das atividades de manutenção. Tais métricas são amplamente empregadas para monitorar o desempenho operacional e apoiar o planejamento e o controle das atividades de manutenção (ZEMMOUCHI-

GHOMARI et al., 2022; FISCHER e KEINE, 2023). Quando analisados em conjunto com o volume de ordens de manutenção pendentes, esses indicadores possibilitam avaliar a dinâmica entre a demanda de intervenções e a capacidade de execução da equipe, contribuindo para uma compreensão mais estruturada da gestão do backlog

Para os indicadores, os dados de tempos e número de intervenções foram obtidos a partir de dados fornecidos pelo sistema eletrônico de monitoramento instalado nas máquinas da frota analisada. Esses sistemas registram automaticamente os eventos de operação e inatividade, permitindo a apuração precisa dos intervalos considerados no cálculo dos indicadores.

2.2. Backlogs Abertos

Os backlogs gerados correspondem às ordens de manutenção identificadas durante inspeções ou intervenções técnicas que, embora aprovadas, não foram executadas no momento da detecção. Essas pendências são programadas para execução futura, desde que não comprometam a operação ou a integridade do equipamento no curto prazo. Em ambientes industriais, especialmente na mineração, esse tipo de registro é comum em processos estruturados de inspeção e controle da manutenção (ROBATTO SIMARD et al., 2023)

2.3. Backlogs Executado

Os backlogs executados referem-se às ordens registradas como pendentes e que foram realizadas durante paradas programadas ou intervenções posteriores. A execução dessas ordens reduz o volume da carteira de backlog e representa a eficácia da manutenção frente à demanda acumulada (RØDSETH e SCHJØLBERG, 2017).

2.4. Backlogs Pendentes

Os backlogs pendentes correspondem às ordens aprovadas que permanecem sem execução, acumulando-se ao longo do tempo devido a restrições operacionais, limitações de recursos, indisponibilidade de materiais ou priorização de intervenções emergenciais. O crescimento do backlog ocorre quando a taxa de geração de ordens supera a capacidade de execução disponível, caracterizando um desequilíbrio entre demanda e recursos (ESMAEELI et al., 2025).

2.5. Disponibilidade física

Este indicador representa a disponibilidade física da máquina, definida como a proporção do tempo em que o equipamento esteve apto a operar dentro do período programado, desconsiderando intervalos de inatividade associados a intervenções de manutenção. De acordo com a ISO 14224 (2016), a disponibilidade é expressa como a relação entre o tempo em que o ativo está operacional e o tempo total considerado no período de análise (Equação 1), sendo amplamente utilizada como métrica de desempenho na gestão de ativos industriais.

$$DF = \frac{\text{Tempo do periodo} - \text{Tempo de inatividade}}{\text{Tempo do periodo}} \times 100\% \quad (1)$$

O tempo de inatividade considera apenas os períodos classificados pelo sistema como

relacionados à manutenção preventiva, corretiva ou falhas técnicas. Não são considerados como indisponibilidade os períodos em que a máquina estar ociosa por troca de turno, atrasos operacionais, pausa para almoço ou outras situações em que, apesar de não estar sendo utilizada, permanece apta para operar. Nesses casos, o equipamento é considerado disponível, pois não há impedimento técnico que impossibilitasse sua operação.

2.6. Tempo médio entre falhas

Representa o tempo médio de operação do equipamento entre ocorrências de paradas não programadas, como intervenções corretivas ou falhas técnicas. Esse indicador é calculado como a razão entre o tempo total de operação e o número de paradas não programadas (Equação 2) (CATERPILLAR INC., 2019).

$$MTBF = \frac{\text{Tempo Operado}}{N^{\circ} \text{ de Paradas não programadas}} (h) \quad (2)$$

O MTBF é um indicador de confiabilidade do equipamento, pois expressa o intervalo médio entre falhas ao longo do período observado. Valores mais elevados indicam maior tempo de funcionamento contínuo entre intervenções corretivas, sendo utilizado para monitorar o comportamento do ativo frente às condições operacionais e às estratégias de manutenção (MOEMENISHAHRKI, 2025; OKIRIE et al., 2025).

O tempo de operação considerou apenas os períodos em que o equipamento esteve efetivamente em uso ou produzindo. Não foram contabilizados como tempo operado os intervalos de ociosidade, como troca de turno ou pausas programadas, nos quais o equipamento permanecia apto a operar. Por outro lado, atrasos operacionais registrados durante o período programado foram considerados no cálculo, por estarem diretamente relacionados ao tempo previsto de funcionamento do equipamento.

2.7. Tempo médio para reparo

Demonstra o tempo médio de inatividade da máquina em decorrência de reparações. Esse indicador é calculado pela razão entre o tempo total de inatividade e o número de intervenções realizadas no período analisado (Equação 3), sendo expresso em horas.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo de inatividade}}{N^{\circ} \text{ de Paradas}} (h) \quad (3)$$

O MTTR é uma medida de desempenho que mensura o tempo médio até a finalização de um serviço de reparação, ou seja, o tempo necessário para que a máquina retorne à operação após uma intervenção, seja está planejada ou decorrente de falha não prevista (MOEMENISHAHRKI, 2025). No setor de mineração, esse indicador pode evidenciar a eficiência do planejamento da manutenção e o desempenho da equipe responsável pela execução das atividades, uma vez que o tempo de reparo impacta diretamente a disponibilidade operacional do equipamento (KADYROV et al., 2025).

O tempo de inatividade foi determinado a partir dos mesmos critérios utilizados no cálculo da Disponibilidade Física, garantindo consistência metodológica entre os indicadores analisados.

3. Resultados e Discussões

O estudo foi realizado analisando-se o desempenho de janeiro até dezembro de 2025 com uma frota de 17 equipamentos.

3.1. Backlogs e Confiabilidade

Ao analisar a relação entre backlogs gerados e executados (Figura 1), observa-se um desequilíbrio acentuado em determinados períodos. Nos meses de abril e outubro, a abertura de novas ordens superou a execução em aproximadamente 200 unidades, resultando em um acúmulo de backlogs pendentes que ultrapassou a marca de 800 ordens em diversos meses.

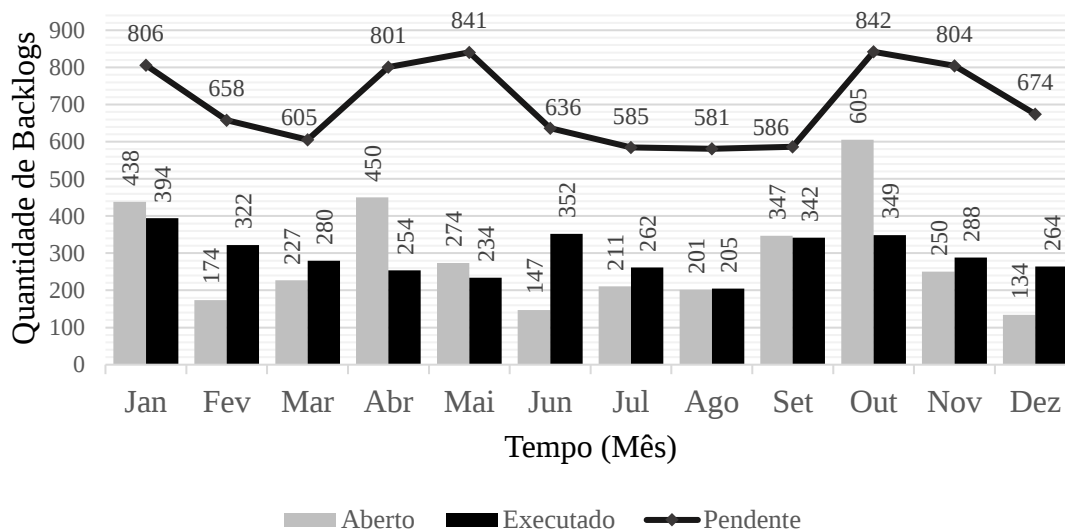


Figura 1 – Carteira de Backlogs de janeiro a dezembro de 2025 da frota (Fonte: Autoria própria)

Este volume de pendências apresentou associação com a performance dos ativos. Nota-se que os picos de acúmulo em maio e outubro precedem quedas acentuadas no MTBF (Figura 2). Esse fenômeno sugere que o acúmulo de ordens de manutenção resulta em um aumento de paradas não programadas, uma vez que as intervenções preventivas não foram executadas ou programadas de forma adequada. Tal observação concorda com Rødseth e Schjøberg (2017), que níveis elevados de backlog dificultam a priorização de intervenções preventivas, podendo contribuir para falhas corretivas.

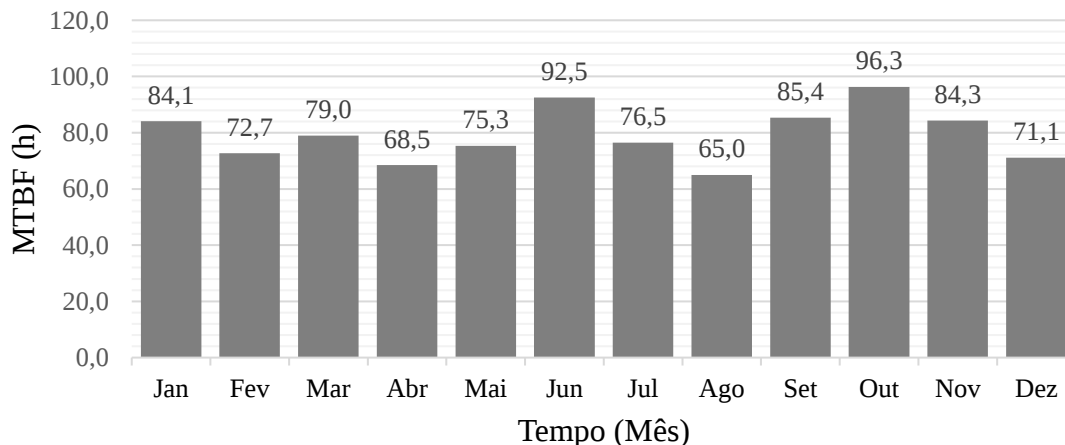


Figura 2 – Tempo médio entre falhas do período analisado (Fonte: Autoria própria)

O aumento simultâneo de backlogs abertos e do MTBF em outubro sugere que as inspeções foram efetivas na detecção de anomalias em componentes ou peças que sofrem desgaste periódico. Entretanto, a restrição de recursos materiais ou mão de obra retardou a execução dessas tarefas, provocando a degradação da confiabilidade nos meses posteriores.

3.2. Dificuldades de execução

Conforme apresentado na Figura 1, a execução de backlogs manteve uma relativa estabilidade, mesmo diante do crescimento das ordens abertas e pendentes. Esse comportamento sugere uma limitação na capacidade produtiva da manutenção, seja por restrição de mão de obra ou falta de recursos materiais. Na prática operacional, a ausência de uma peça ou ferramenta para corrigir um vazamento hidráulico, por exemplo, faz com que o ativo pare diversas vezes para completar o nível de fluido até que o reparo definitivo seja feito. Esse cenário causa um desequilíbrio entre a taxa de geração de demandas e a capacidade de execução, conforme discutido por Esmaeeli et al. (2025).

Essa relação é evidenciada também no MTTR (Figura 3) que, apesar de apresentar estabilidade na maior parte do ano, exibe um comportamento atípico em julho. Em junho, o valor de 9,8 horas é condizente com o aumento na execução de backlogs (Figura 1). Entretanto, o mês de julho apresenta o maior valor de 12,21 horas, mesmo com um volume menor de ordens executadas. Esse desvio lógico sugere a ocorrência de paradas de longa duração por alta complexidade, como a substituição de componentes vitais. Exemplo: há uma ordem para troca de uma bomba hidráulica, mas esse componente falhou antes da substituição programada, o ativo permanece indisponível até a conclusão do reparo e reposição da peça, esse período de aguardando a peça ou recursos mais a realização da atividade, eleva a média do tempo de reparo independentemente da quantidade de ordens fechadas.

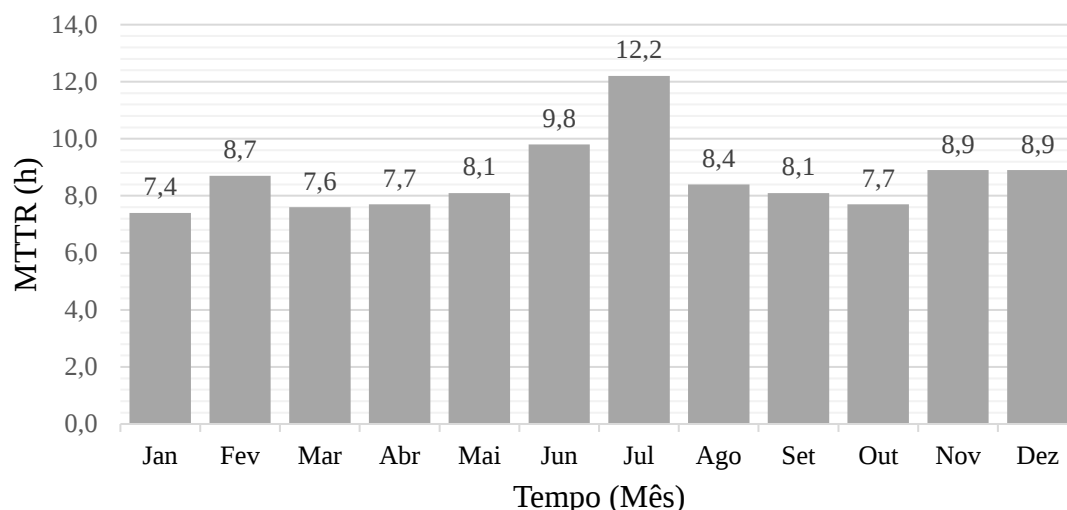


Figura 3 – Tempo médio para reparos de janeiro a dezembro da Frota (Fonte: Autoria própria)

Esses tempos de inatividades são diretamente vistas na disponibilidade física (Figura 4), no qual os meses MTTR mais altos impactam negativamente a DF, conforme Kadyrov et al. (2025), onde tempo de reparo impacta diretamente a disponibilidade operacional do equipamento.

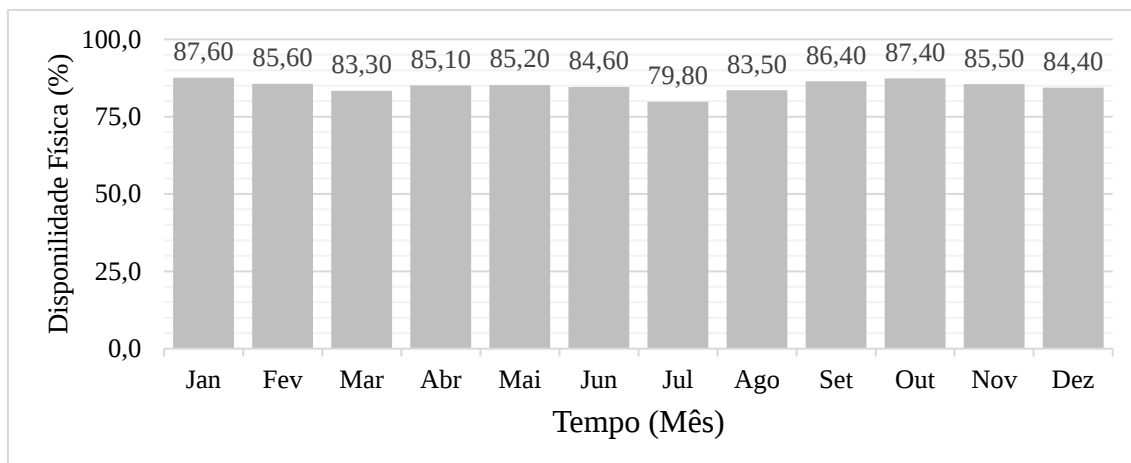


Figura 4 – Disponibilidade Física do período de janeiro a dezembro de 2025 da frota analisada (Fonte: Autoria própria)

Outro ponto observado é que a Disponibilidade Física (Figura 4) não é afetada diretamente pelo acúmulo das ordens pendentes em si, mas pela materialização dessas pendências em inatividade. Enquanto as ordens permanecem na carteira de pendentes, sem paradas longas para realização dessas ordens de serviço, a disponibilidade física não desmontará quedas muito acentuadas, uma vez que a DF está relacionada ao tempo de indisponibilidade reparo e não ao número de intervenções, conforme definido pela ISO 14224 (2016).

Entretanto, o impacto direto na DF pode se manifestar em dois momentos distintos. Primeiramente, na execução programada do backlog, manutenções preventivas, onde a imobilização do ativo é necessária para a realização dos reparos previstos e de rotina, reduzindo a disponibilidade em favor da confiabilidade futura. O segundo momento, e mais crítico, ocorre quando o acúmulo de pendências evolui para falhas não programadas longas.

Nesse cenário, a natureza das falhas interfere diretamente na perda de DF, ou seja, ordens mais críticas, como peça fundametais ou partes estruturais, se não executada preventivamente, portanto, um backlog elevado atua como um indicador de risco latente, sinalizando uma perda iminente de disponibilidade por meio de intervenções futuras ou falhas decorrentes da degradação mecânica, concordando com trabalho de Rødseth e Schjølberg (2017), sendo necessaria estrategias para priorizar e realizar manutenções e amenizar os impactos futuros.

3.3. Recuperação de indicadores

Um ponto relevante observado na frota é o tempo de recuperação do MTBF (Figura 2), nota-se que o aumento no volume de backlogs executados (Figura 1) em junho não resultou em uma elevação imediata e estável do MTBF no mês subsequente. Sistemas mecânicos mais complexos exigem um período de estabilização após intervenções longas ou recorrentes para execução das ordens de serviço.

Essa subida mais gradual ocorre porque a execução de backlogs pendentes muitas vezes foca na correção mais críticas já sinalizadas, mas não elimina instantaneamente o acumulado de paradas recorrentes ao longo do mês. Conforme discutido por Moemenishahraki (2025), o desempenho da manutenção reflete a efetividade das estratégias adotadas ao longo do tempo. Portanto, a recuperação definitiva dos indicadores de confiabilidade só é percebida após ciclos sucessivos de manutenção de

qualidade, que permitam ao ativo retornar às suas condições operacionais, reduzindo a taxa de falhas repetitivas.

4. Conclusão

Os resultados demonstram que a gestão do backlog impacta diretamente a confiabilidade e o desempenho da manutenção, especialmente no comportamento do MTBF. Observou-se que o acúmulo de ordens pendentes está associado ao aumento de falhas e à redução do tempo médio entre falhas, evidenciando a perda de efetividade das ações preventivas.

Entretanto, a análise indica que não apenas o volume de backlog deve ser considerado, mas também a natureza das ordens de manutenção, ou seja, quando backlogs são identificados em inspeções ou manutenções preventivas e não são executados no tempo adequado, a falha pode evoluir para quebras mais complexas ou recorrentes. Isso exige paradas significativamente mais longas, conforme observado no aumento do MTTR em alguns meses, impactando a disponibilidade física de forma mais agressiva e também ocasionado mais paradas não programada, como visto no comportamento do MTBF.

Além disso, a estabilidade na taxa de execução frente ao crescimento das ordens abertas revelou gargalos na capacidade produtiva da manutenção, seja por restrições de mão de obra ou de recursos materiais. Essa limitação transforma pequenas anomalias, como vazamentos hidráulicos, problemas elétricos ou troca de filtros, em geradores de paradas constante, forçando o equipamento a operar sob estresse até a falha ou parada mais definitiva.

Referências

CARNEIRO, João Victor. Manutenção centrada em confiabilidade. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade Fama, Anápolis, 2024. Disponível em: <https://repositorio.faculdefama.edu.br/xmlui/handle/123456789/282>. Acesso em: 23 Jan. 2026.

CATERPILLAR INC. Caterpillar Mining Equipment Management (MEM) Performance Metrics. Peoria: Caterpillar Inc., 2019.

ESMAEELI, E. et al. Managing Maintenance Backlogs: An Integrated Multi-Criteria Decision-Making and Optimization Approach. IEEE Access, 2025. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3572411.

FISCHER, Fernanda; KEINE, Sandro. Análise dos indicadores de manutenção e proposta de melhoria em máquinas de corte de circuitos elétricos. Revista Produção Online, Florianópolis, v. 22, n. 4, p. 3494–3527, 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Geneva: ISO, 2016.

JARDINE, Andrew K. S.; LIN, Daming; BANJEVIC, Dragan. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. Mechanical Systems and Signal Processing, v. 20, n. 7, p. 1483-1510, 2006.

KADYROV, A. et al. Development of a Methodology for Optimizing Repair Interval Timing for Mining Equipment Units. Eng, v. 6, n. 12, p. 362, 2025.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MOEMENISHAHRKI, P. Reliability and maintenance performance analysis using MTBF, MTTR and downtime indicators. Industrial Engineering, v. 9, n. 2, 2025. DOI: 10.11648/j.ie.20250902.11.

OKIRIE, A. J. et al. Impact analysis of field maintenance practices on reliability metrics. Maintenance, Reliability and Condition Monitoring, v. 5, n. 1, 2025.

PAULA, Rafael Fornasari de. Indicadores de manutenção: uma revisão sistemática da bibliografia e aplicações nas empresas brasileiras. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de

Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

ROBATTO SIMARD, S.; GAMACHE, M.; DOYON-POULIN, P. Current Practices for Preventive Maintenance and Expectations for Predictive Maintenance in East-Canadian Mines. *Mining*, v. 3, n. 1, p. 26-53, 2023.

RØDSETH, H.; SCHJØLBERG, P. Maintenance backlog for improving integrated planning. *IFAC-PapersOnLine*, v. 50, n. 1, p. 14733–14738, 2017.

TELES, Jhonata Dutra. PCM – Planejamento e Controle de Manutenção. [S. l.]: ENGETELES Engenharia de Manutenção, 2017.

ZEMMOUCHI-GHOMARI, S. et al. Maintenance performance indicators: a review of key metrics for industrial applications. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2022. DOI: 10.1108/JQME-10-2021-0087.