



FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE CONSELHEIRO LAFAIETE

Curso: Engenharia de Produção

Ano 2023 - Primeiro Semestre

PLANO DIRECIONADOR PARA ADERÊNCIA DE PERFORMANCE – INFRAESTRUTURA E CARGA AUXILIAR: um estudo referente a baixa disponibilidade física dos equipamentos de Mineração

Laura Helena da Costa Goulart – FUPC – helelaura@gmail.com

Jussara Fernandes Leite - FUPAC – jussara.leite@unipac.br

Resumo:

A Estratégia de manutenção deve ser elaborada pelas áreas de engenharia das organizações e ser contemplada no plano de manutenção. Esse ao ser realizado deve proporcionar a função manter a operação dos ativos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é apresentar análises e estratégias traçadas dentro do plano e controle de manutenção para atingimento da disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos de Mineração das frotas de Infraestrutura e Carga Auxiliar, a fim de minimizar impactos gerados pela falta de equipamentos no processo produtivo de mineração. Esta pesquisa trata-se de um estudo de caso com natureza bibliográfica, descritiva e explicativa, com método de análise qualitativas e quantitativas. No desenvolvimnto do estudo foi analisado os indicadores de disponibilidade física (DF) dos equipamentos de Infraestrutura e Carga Auxiliar dos quatro primeiros meses do ano de 2022 e foi identificado que o resultado estava abaixo da meta orçado/projetado para o ano. Assim, foram avaliadas todas as manutenções corretivas e suas respectivas classes de falhas, analisados quais sistemas tiveram maior incidência de falhas e maiores intervenções. Com essas análises chegou-se a conclusão da necessidade de estruturar os processos de manutenções dentro do Planejamento e Controle de Manutenção (PCM). A partir disso, ações foram implementadas e seus resultado verificados. Observou-se que após cumprimento das ações ocorreu a recuperação de performance das frotas, e o atingimento do rendimento operacional da unidade.

Palavras-chave: Planejamento e Controle de Manutenção. Manutenção. Disponibilidade Física.

1. Introdução

O propósito da manutenção é manter os ativos dentro de padrões, parâmetros, normas e requisitos legais pré-estabelecidos. Isso para garantir a segurança dos operadores e evitar danos aos próprios ativos, como também eliminar custos de manutenção. Acrescenta ainda que os ativos trabalhando em perfeito funcionamento garante a produtividade do sistema e confiabilidade dos processos.

A Estratégia de manutenção deve ser elaborada pelas áreas de engenharia das organizações e ser contemplada no plano de manutenção. O plano de manutenção é

um relatório que tem que apresentar as estratégias e a programação de todos os tipos de manutenções.

Na verdade, o plano de manutenção ao ser realizado deve proporcionar a função manter a operação dos ativos. Para isso, os gestores e engenheiros devem contemplar no planejamento o dimensionamento dos recursos como materiais, equipamentos, componentes, homem-hora, ferramentas especiais e treinamentos para técnicos e operadores.

Para que isso ocorra de forma eficiente e eficaz, o dimensionamento dos recursos deve levar em consideração orçamento estipulado pela empresa. Isso para que no momento que as manutenções forem realizadas não falem nenhum recurso financeiro que possa comprometer a realização das manutenções.

Outro ponto a destacar é que as atividades de manutenção devem ser planejadas e executadas levando em consideração a padronização, especificações técnicas, requisitos de saúde e segurança, de maneira otimizada e registradas no sistema informatizado de manutenção. Logo, o sistema informatizado deve ser utilizado para registrar todos os dados de manutenção para auxiliar o monitoramento e controle.

A partir dos dados registrados no sistema, os gestores e engenheiros podem desenvolver métricas e indicadores. Esses servem para monitorar e controlar o processo. Eles servem para indicar se o processo está em conformidade ou não.

Nesse contexto, esta pesquisa apresenta um estudo para recuperação de performance dos equipamentos de mineração das frotas de infraestrutura e carga-auxiliar. Tem como objetivo apresentar análises e estratégias traçadas dentro do PCM para atingimento da disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos de Mineração das frotas de Infraestrutura e Carga Auxiliar, a fim de minimizar impactos gerados pela falta de equipamentos no processo produtivo de mineração.

2. Mineração

No dicionário Michaelis (1998-2009), minas são definidas como “cavidade ou veio natural no interior da terra, ou depósito na superfície dela, de minérios, água ou outros produtos, em condições de serem explorados economicamente”. (MICHAELIS 1998-2009). Complementando essas ideias, o dicionário Aurélio (2008, 2013) apresenta o termo mineração como “exploração de minas; depuração dos minérios extraídos das minas”.

Nessa mesma linha de pensamento, Oliveira Júnior (2001, p.1) informa que a principal função da mineração é a exploração de substâncias minerais. O termo mineração engloba atividades e processos de estudos e extração mineral. “Minerar é arte de extrair economicamente bens minerais da crosta terrestre, utilizando técnicas adequadas a cada situação”.

A mineração pode incluir a exploração de diversos minerais. Os mais conhecidos são petróleo, gás natural, minérios de ferro e água. Além desses são exploradas diamante, ouro, quartzo, bauxita, alumina, dentre outros.

No Brasil, a mineração representa uma das mais importantes atividades econômicas do país. Indispensável ao desenvolvimento econômico do mundo. Ela consiste nos processos de pesquisa, extração, transporte para beneficiamento, britagem,

classificação, concentração, reciclagem da água utilizada no processo, empilhadeira/retomadora e embarque dos minérios.

Em relação as minerações de minério de ferro, equipamentos, como perfuratrizes, tratores, carregadeiras, escavadeiras e caminhões de grande porte são utilizados nos processos operacionais. Um dos processos é o processo de extração, que consiste na detonação, escavação, carregamento e transporte do minério até o processo de britagem. Desta forma, para garantir o produto, é essencial que os equipamentos estejam dentro dos padrões operacionais, garantindo a sua confiabilidade.

Juran e Gryna (1992) advogam que a confiabilidade é uma das dimensões da qualidade. Ela pode ser entendida como a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições estipuladas durante um determinado período, ou seja, sem falhas.

Nesse seguimento, é apresentado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 5462 (1994) que confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo. O termo “confiabilidade” é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade.

Em vista disso, para as mineradoras de minério de ferro garantirem a confiabilidade dos seus equipamentos, é necessário realizar a manutenção dos ativos.

2.1 Manutenção

Consta na NBR 5462 (1994) que manutenibilidade é a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos. No mesmo sentido, Dicionário do Aurélio Online (2008-2013) define manutenção como: “ato ou efeito de manter-se. As medidas necessárias para conservação ou permanência de alguma coisa ou situação.” Complementando as ideias apresentadas, Branco Filho (2008) informa em seus estudos que manutenção é um conjunto de ações que possibilitem restabelecer um bem para seu estado específico, bem como medidas que são responsáveis por manter em estado de perfeita conservação e funcionamento equipamentos, acessórios e tudo que é ligado ao setor industrial.

Baran e Legey (2011) confirma as ideias dos autores anteriores e informa que conceituar manutenção envolve vários aspectos, dentre eles, disponibilidade, confiabilidade, função do sistema, segurança, meio ambiente, custos, administração e supervisão. Esclarece ainda que todos esses aspectos tornam parte fundamental dentro de qualquer organização.

Desde o surgimento da manutenção, ela vem evoluindo com os passar dos anos. Logo, encontra-se na literatura diversos tipos de manutenção, como por exemplo, corretiva, preventiva, preditiva.

2.2 Indicadores e Métricas de Confiabilidade

Kardec e Nascif (2009) explicam que a grande maioria das empresas que buscam permanecer no mercado, com uma participação de forma estável ou crescente devem ter um desempenho medido por indicadores de desempenho. Somente os indicadores permitem uma quantificação e acompanhamento dos processos, baido a subjetividade e propiciando as correções necessárias.

São chamados de KPI (Key Performance Indicator) os indicadores chaves de performance. Neilpatel (2023) define os como um conjunto de medidas sobre os aspectos do desempenho organizacional, críticos para o sucesso atual e futuro de uma empresa. São variáveis métricas que precisam possibilitar a comparação de melhorias nos processos por meio de medidas do desempenho ao longo do tempo de qualquer processo, refletindo os objetivos da empresa.

Na visão de Francischini (2017), os indicadores apontam, mas não resolvem um problema. A resolução do problema indicado por eles depende da ação do gestor. Se um indicador sobe e desce e ninguém na empresa toma alguma providência, o melhor a fazer é jogá-lo no lixo. Ou seja, a informação fornecida apenas gera custos sem prover nenhum benefício para a empresa.

Francischini (2017) explica o conceito de indicadores de desempenho como relativamente simples de ser entendido. São medidas qualitativas ou quantitativas que mostram o estado de uma operação, processo ou sistema. Desempenho é a comparação do que foi realizado pela operação em relação a uma expectativa do cliente ou objetivo do gestor. Portanto, indicadores de desempenho são medidas que mostram a comparação do que foi realizado pela operação em relação a uma expectativa ou objetivo.

Nesse mesmo contexto, Teles (2019) informa que os indicadores mais importantes são os referentes aos custos, não apenas pelo custo real do ativo, mas sim pelo poder de tomada de decisão que que esses indicadores podem trazer. Esse autor ainda esclarece que para implantação de qualquer indicador, é necessário, que se tenha uma sistemática para coleta e tratativa dos dados. Por exemplo: podemos usar uma ordem de serviço para coleta dos dados e uma planilha eletrônica ou software de manutenção para tratar esses dados e gerar os indicadores.

Tratando-se de Manutenção, pode-se afirmar que os indicadores de desempenho nos permitem gerenciar a manutenção de modo eficiente, alinhados com a estratégia da empresa. Segundo Kardec, Flores e Seixas (2002), eles devem ser apresentados por meio de dados absolutos, dados relativos, tabelas e gráficos, pois eles têm a função de apoiar, capacidade de orientar, propor, ordenar, diagnosticar, corrigir, melhorar, entre outros. De forma alcançar os objetivos estabelecidos pelas empresas.

2.2.1 Tipos de indicadores de Desempenho da Manutenção

Nesse item, são apresentados quatro indicadores de desempenho da manutenção: o tempo médio entre falhas (MTB), o tempo médio para reparo (MTTR), a disponibilidade Inerente e disponibilidade Física (DF).

Teles (2019) explica que MTBF (sigla em inglês para Mean Time Between Failures) é um dos indicadores mais importantes para o setor de manutenção. Por meio dele é possível calcular vários outros indicadores, como: Disponibilidade inerente,

Confiabilidade, Frequência de inspeção etc. Esse autor ainda esclarece que esse indicador consiste basicamente em medir o tempo médio entre uma falha e outra.

O indicador tempo médio para reparo (MTTR), segundo Teles (2019), é usado principalmente para analisar a eficiência dos trabalhos das equipes de manutenção corretiva. Esse autor afirma que ao contrário do MTBF, esse indicador pode ser usado de forma global (dividido por setor ou área) e em intervalos de curto prazo.)

Sobre a disponibilidade inerente, Teles (2019) informa esse indicador tem muito a dizer sobre os seus processos de manutenção e operação.

Conforme Pimentel (2012), a DF é proporção do tempo em que o equipamento, sistema ou instalação ficou disponível para operar ou em condições de produzir num dado intervalo de tempo. Valor adimensional, com a finalidade de avaliar o desempenho do equipamento e determinar a probabilidade de ele estar operando numa dada faixa de tempo. De interesse não só da manutenção, como da operação e produção, é apresentado por meio de gráficos retratando a evolução temporal deste indicador.

A seguir são apresentadas no quadro 1 as fórmulas para o cálculo desses indicadores.

Tabela 1 – Fórmula de Cálculo de Indicadores

Indicador	Fórmula
MTBF	Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento/Número de falhas funcionais
MTTR	Somatório dos Tempos de Reparo das Falhas Funcionais/ Número de intervenções realizadas
% disponibilidade	$MTBF / (MTBF + MTTR) \times 100 (\%)$
DF	$\{(Horas \text{ Calendário} - \sum \text{Horas Manutenção}) / \text{Horas Calendário}\} \times 100$

Fonte: Teles (2019) e Pimentel (2012). Adaptado pelo autor

3. Metodologia

Esta pesquisa trata-se de um estudo de caso com natureza bibliográfica, descritiva e explicativa, com método de análise qualitativas e quantitativas.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos e site sobre os temas deste estudo e foram apresentados no capítulo 2. Essa pesquisa teve o propósito de gerar conhecimento sobre os temas mineração, manutenção e indicadores.

O estudo tem caráter descritivo e explicativo, uma vez que foram apresentados os processos e indicadores de performance dos equipamentos de mineração, isto é, as frotas de infraestrutura e carga auxiliar.

Os dados foram coletados de documentos da empresa e especificações técnicas. Por meio dos relatórios, foram obtidos os controles de indicadores e métricas, entre outras informações da empresa. Os dados teve período de abrangência de 01 de janeiro de 2022 a 31 de dezembro de 2022.

A empresa onde ocorreu o estudo de caso é uma mineradora situada na região do Alto Paraopeba, que faz parte de um grupo de mineradoras multinacionais. É uma das maiores empresas de mineração do mundo e também a maior produtora de minério de ferro, de pelotas, de níquel, e outros. Ao total são 200 empregados próprios e aproximadamente 46 terceiros, para realizar manutenções preventivas e corretivas no total de: 21 caminhões fora de estrada, 6 tratores de esteiras, 2 tratores de pneus, 4 motoniveladoras, 4 carregadeiras de médio porte, 3 escavadeiras de médio porte, 1 carregadeira de pequeno porte e 5 escavadeiras de pequeno porte. O objetivo da pesquisa foi apresentar análises e estratégias traçadas dentro do PCM para atingimento da disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos de Mineração das frotas de Infraestrutura e Carga Auxiliar, a fim de minimizar impactos gerados pela falta de equipamentos no processo produtivo de mineração.

Para realização do estudo, foram observados os equipamentos de infraestrutura: tratores de esteira, tratores de pneus e motoniveladores; e os equipamentos de carga auxiliar: carregadeiras de pequeno porte e retroescavadeiras de pequeno porte.

O monitoramento de performance aconteceu por meio dos indicadores de disponibilidade física (DF). Os dados foram coletados do portal interno da empresa que mostram os números orçados/projetados.

3.1 Coleta e Análise dos dados

Conforme citado anteriormente, a coleta dos dados para análise foi realizada por meio de relatórios retirados do portal interno da empresa. As informações permitiram uma gestão operacional da rede produtiva, controlando de forma integrada os processos desde a extração até a expedição de minério; e o monitoramento dos indicadores de performance de forma diária e os fechamentos mensais.

Os dados coletados foram os valores realizados de DF e comparativo com os valores orçados, referentes ao ano de 2022. Esses têm natureza quantitativa.

4. Apresentação dos Dados e Resultados

Neste capítulo, apresentam-se os resultados desta pesquisa com a finalidade de responder ao objetivo proposto.

As primeiras colunas das tabelas abaixo tratam-se das identificações dos equipamentos, sendo: MN: Motoniveladoras; TE: Tratores de esteiras; TP: Tratores de pneus; PM: Pás mecânicas (carregadeiras); RE: Retroescavadeiras; EH: Escavadeiras hidráulicas.

Durante análise dos dados que foram coletados por meio do sistema interno da empresa, observa-se um alto número de intervenções nos equipamentos em corretiva. Nos 4 primeiros meses do ano, um acumulado de: 10111 horas o que equivale a 35% da disponibilidade física da frota de Infraestrutura e 1788 horas o que equivale a 21% da disponibilidade física da frota de Carga Auxiliar. As tabelas 2 e 3 a seguir trazem as projeções da DF da frota de infraestrutura e de Carga Auxiliar para ano de 2022.

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Tabela 2 – Projeto DF da Frota de Infraestrutura para o ano de 2022

Eqto	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
MN1136	62%	62%	63%	63%	64%	64%	64%	64%	63%	63%	62%	62%
TE002	54%	54%	54%	55%	55%	56%	56%	55%	55%	54%	54%	54%
TP4718	65%	66%	66%	66%	67%	68%	68%	67%	66%	66%	66%	65%
TE4662	63%	63%	64%	64%	65%	65%	65%	65%	64%	64%	63%	63%
TE004	63%	63%	64%	64%	65%	65%	65%	65%	64%	64%	63%	63%
TE003	63%	63%	64%	64%	65%	65%	65%	65%	64%	64%	63%	63%
TE005	63%	63%	64%	64%	65%	65%	65%	65%	64%	64%	63%	63%
MN006	57%	58%	58%	58%	59%	59%	59%	59%	58%	58%	58%	57%
MN005	57%	58%	58%	58%	59%	59%	59%	59%	58%	58%	58%	57%
MN004	57%	58%	58%	58%	59%	59%	59%	59%	58%	58%	58%	57%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Tabela 3 – Projeção DF da Frota de Carga Auxiliar

Eqto	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
PM2302	82%	83%	84%	84%	85%	86%	87%	86%	85%	85%	84%	84%
RE3721	82%	83%	83%	84%	85%	85%	85%	85%	84%	83%	83%	82%
EH015	72%	73%	73%	74%	75%	75%	75%	75%	74%	73%	73%	72%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Conforme pode ser observado na Tabela 2, o indicador de DF da frota de infraestrutura do ano de 2022, varia de 54% a 68%. Isso nos leva a concluir que os equipamentos da frota têm mais de 32% de tempo disponível para realizar as manutenções corretivas e preventivas sem causar impactos no processo produtivo. Já em relação aos equipamentos de carga auxiliar, a DF varia de 72% a 87%, valor superior a frota de equipamentos de infraestrutura, e ficando cerca de 13% de tempo disponível realizar as manutenções corretivas e preventivas.

As tabelas 4 e 5, a seguir, apresentam em quantidade e percentual as horas dos equipamentos das frotas de infraestrutura e carga auxiliar que foram efetivadas em manutenções corretivas nos quatro primeiros meses do ano de 2022.

Tabela 4 – Quantidade e Percentual de Horas de Manutenções Corretivas dos Equipamentos da Frota de Infraestrutura nos quatro primeiros meses de 2022

EQTO	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
MN1136	403	513	663	364
TE002	137	253	700	720
TP4718	66	63	236	59
TE4662	63	72	15	9
TE004	91	223	310	125
TE003	382	365	355	202
TE005	103	358	358	78
MN006	144	106	77	32
MN005	96	341	612	476
MN004	21	179	417	320

EQTO	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
MN1136	54%	76%	89%	51%
TE002	18%	38%	94%	100%
TP4718	9%	9%	32%	8%
TE4662	8%	11%	2%	1%
TE004	12%	33%	42%	17%
TE003	51%	54%	48%	28%
TE005	14%	53%	48%	11%
MN006	19%	16%	10%	4%
MN005	13%	51%	82%	66%
MN004	3%	27%	56%	44%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Tabela 5 – Quantidade e Percentual de Horas de Manutenções Corretivas dos Equipamentos da Frota de Carga Auxiliar nos quatro primeiros meses de 2022

PM2302	8	250	74	105
RE3721	15	93	2	8
EH015	164	431	365	272

PM2302	1%	37%	10%	15%
RE3721	2%	14%	0%	1%
EH015	22%	64%	49%	38%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Ao analisar as Tabelas 4 e 5 é possível observar alto índice de corretivas, principalmente nos equipamentos de infraestrutura, o qual alguns meses tivemos equipamentos com 100% das horas disponíveis atuando em corretivas. Em outros meses observa-se que foi ultrapassado as horas disponíveis para manutenções preventivas e corretivas e realizou apenas manutenções corretivas. Com base nas análises das horas corretivas, é possível observar o impacto causado no processo produtivo, uma vez que as frotas estão executando um valor em horas acima dos limites previstos para ambas as manutenções nos meses analisados.

Em sequência, foi coletado informação de horas de preventiva da frota de infraestrutura e de carga auxiliar. Esses dados podem ser observados nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Quantidade e Percentual em horas dos quatro primeiros meses de 2022 em Preventiva na Frota de Infraestrutura

EQTO	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
MN1136	106	78	5	67
TE002	78	120	0	0
TP4718	144	84	48	78
TE4662	44	12	244	118
TE004	91	15	6	177
TE003	12	4	4	67
TE005	112	26	72	146
MN006	212	45	78	112
MN005	6	12	0	0
MN004	17	16	6	4

EQTO	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
MN1136	14%	12%	1%	9%
TE002	10%	18%	0%	0%
TP4718	19%	13%	6%	11%
TE4662	6%	2%	33%	16%
TE004	12%	2%	1%	25%
TE003	2%	1%	1%	9%
TE005	15%	4%	10%	20%
MN006	28%	7%	10%	16%
MN005	1%	2%	0%	0%
MN004	2%	2%	1%	1%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Tabela 7 – Quantidade e Percentual em horas dos quatro primeiros meses de 2022 em Preventiva na Frota de Carga Auxiliar

PM2302	113	74	8	12
RE3721	144	78	24	18
EH015	24	4	0	44

PM2302	15%	11%	1%	2%
RE3721	19%	12%	3%	3%
EH015	3%	1%	0%	6%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Nas tabelas 6 e 7, é possível observar que o número de horas de equipamentos em manutenção preventivas é bem inferior aos de corretivas, que foram apresentados nas tabelas 4 e 5. Com base nessas análises, pode-se concluir que foi priorizado as manutenções corretivas e, por consequência, a não atuação de manutenções preventivas. Fato é que, as paradas para manutenções diminuí o valor do indicador de disponibilidade/confiabilidade dos equipamentos e isso agrava quando ocorre uma necessidade de mais tempo para as manutenções corretivas. Importante também explicar que componentes que poderiam ser inspecionados e substituídos em manutenções preventivas regulares passam a ser trocados em manutenções corretivas devido à falhas mecânicas e/ou elétricas dos equipamentos.

Dados do indicador de disponibilidade física planejado, denominado nesta pesquisa como orçado, e realizado (efetivado) dos equipamentos da frota de infraestrutura e de carga auxiliar foram levantados. Esses dados podem ser verificados nas tabelas 8 e 9.

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Tabela 8 – Comparativo Realizado x Orçado de DF da frota de Infraestrutura (todos os quadros em vermelho ficaram abaixo do orçamento)

EQTO	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril		
	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna
MN1136	32%	62%	30%	12,06%	62%	50,31%	10,18%	63%	52,50%	40,12%	63%	22,88%
TE002	71%	54%	-18%	44,48%	54%	9,57%	5,91%	54%	48,41%	0,00%	55%	54,60%
TP4718	72%	65%	-7%	78,17%	66%	-12,54%	61,87%	66%	4,10%	80,94%	66%	-14,64%
TE4662	86%	63%	-23%	87,50%	63%	-24,16%	65,15%	64%	-1,49%	82,36%	64%	-18,38%
TE004	76%	63%	-13%	64,67%	63%	-1,33%	57,54%	64%	6,12%	58,06%	64%	5,92%
TE003	47%	63%	16%	45,06%	63%	18,28%	51,69%	64%	11,97%	62,60%	64%	1,38%
TE005	71%	63%	-8%	42,87%	63%	20,47%	42,18%	64%	21,48%	68,87%	64%	-4,89%
MN006	52%	57%	5%	77,59%	58%	-20,07%	79,13%	58%	-21,32%	79,98%	58%	-21,88%
MN005	86%	57%	-29%	47,50%	58%	10,02%	17,76%	58%	40,05%	33,95%	58%	24,15%
MN004	95%	57%	-38%	71,05%	58%	-13,53%	43,19%	58%	14,62%	54,95%	58%	3,15%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Tabela 9 – Comparativo Realizado x Orçado de DF da frota de Carga Auxiliar (todos os quadros em vermelho ficaram abaixo do orçado)

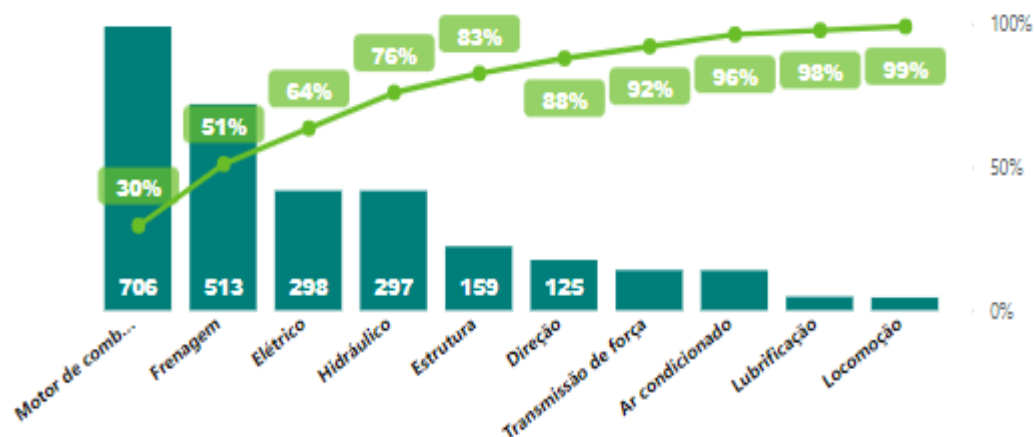
EQTO	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril		
	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna
PM2302	83,73%	82%	-1,42%	51,71%	83%	31,43%	89,03%	84%	-5,47%	83,79%	84%	0,19%
RE3721	78,66%	82%	3,27%	74,60%	83%	8,17%	96,46%	83%	-13,27%	96,35%	84%	-12,75%
EH015	74,67%	72%	-2,34%	35,24%	73%	37,83%	50,88%	73%	22,55%	56,08%	74%	17,72%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A partir da Tabela 8 e 9, observar-se vários equipamentos que não atingiram a DF definida no orçado. Esses foram destacados na cor vermelha. Com base nas análises realizadas com os dados, observa-se que a somatória das horas corretivas e horas preventivas, resultam em baixa disponibilidade física dos equipamentos. Nesse sentido, pode-se afirmar que o que afeta a DF são a quantidade de horas necessárias para realizar as manutenções corretivas nos equipamentos da frota de infraestrutura e de carga auxiliar.

Em continuação, foi realizada uma pesquisa para verificar as causas e horas das manutenções corretivas, isto é, em qual sistema dos equipamentos ocorrem falhas. O Gráfico 1 apresenta essas informações.

Gráfico 1 – Quantidade e Percentual de Horas de Manutenção Corretiva por Sistemas que ocorrem Falhas

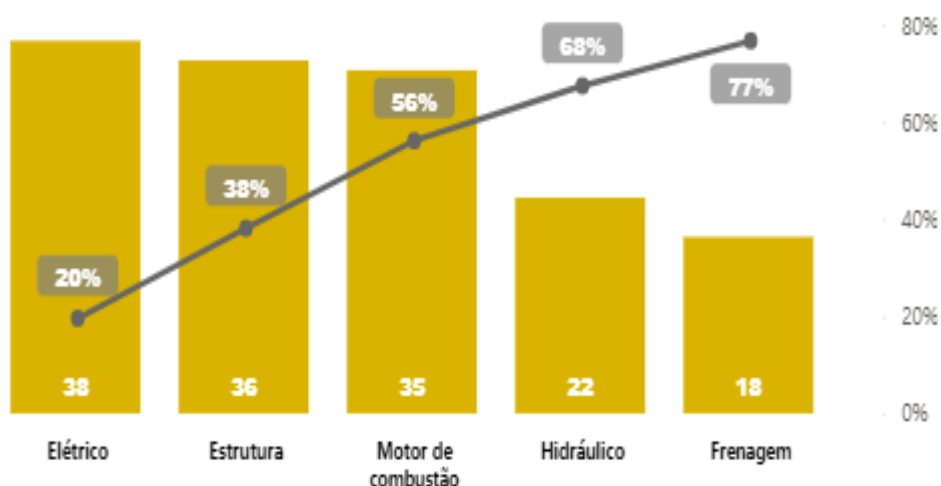


Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Conforme pode-se observar no Gráfico 1, falhas no motor de combustão e frenagem são as principais causas das manutenções corretivas nos equipamentos. Essas duas causas representam 51% da quantidade de horas que forma necessárias para realizar manutenções corretivas nos equipamentos das dez causas apresentadas.

Além das horas e sistemas que falharam dos equipamentos, foi identificado o número de manutenção corretiva que foi realizada nos sistemas, isto é, quantidade de incidência de ocorrência. Os dados referentes a esse levantamento podem ser observados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Número de incidências corretivas



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

O Gráfico 2 mostra os cinco sistemas dos equipamentos que ocorrem a maior quantidade de falhas que proporcionaram as manutenções corretivas, que são: elétrico, estrutura, motor de combustão, hidráulico e frenagem. Em relação à quantidade, esses cinco sistemas falharam e o número representa 77% do total do número de falhas.

Foram observadas todas as classes de falhas dos equipamentos e foi identificado que grande parte das corretivas poderiam ter sido evitadas. Isso se tivesse feito um planejamento adequado das manutenções preventivas e feito a execução dessas.

Foram observados também falhas que nos planos sistemáticos de eletromecânica e lubrificação contempla substituição de materiais/componentes por horas trabalhadas de alguns itens de desgaste o qual não são passíveis de inspeções.

Outro desvio encontrado é referente a não execução das inspeções sensitivas e preditivas, que tem como objetivo identificar desgastes e mapear manutenções antes que ocorra falhas. Gerando ordens de manutenção para seguirem o fluxo de planejamento e programação. Desta forma, chegamos à conclusão de que os planos sistemáticos não estavam sendo executados conforme estratégia traçada pela engenharia. Visto então a necessidade de cumprir os planos conforme estratégia: Revisões de Lubrificação: a cada 250 horas trabalhadas; Revisões Eletromecânicas: a cada 500 horas trabalhadas; Inspeções Preditivas/Sensitivas: a cada 500 horas trabalhadas.

Acredita-se que com todas essas medidas implementadas, podem evitar o alto número de intervenções corretivas, e com isso atingir o orçamento de DF para as frotas de Infraestrutura e Carga Auxiliar.

4.1 Objetivo do Projeto

Visto a baixa DF dos equipamentos de Infraestrutura e Carga Auxiliar, impactando diretamente no processo produtivo da Mina, e a não recuperação da curva de DF podendo se fazer necessário locação de equipamentos, foi proposto um estudo das paradas dos equipamentos nos 4 primeiros do ano, para identificação do gargalo e propor uma solução para atingimento da DF orçada.

Nos relatórios foram observados alto número de corretivas repetitivas e paradas que poderiam ter sido inspecionadas/medidas, planejadas e realizadas de forma programada sem impactar no orçamento de DF das respectivas frotas.

A baixa DF impacta no rendimento operacional (RO) que se calcula por meio de DF (disponibilidade física) x UF (utilização física); e consequentemente afeta a eficiência global do processo produtivo da Mina.

A partir da identificação da lacuna entre orçado e realizado de DF, e identificação do gargalo, verificou-se também todas as sistemáticas dos equipamentos, que seguem a estratégia definida pela engenharia de manter a cada 250 horas para os planos de lubrificação, a cada 500 horas os planos de eletromecânica, sistema de combate a incêndio e inspeções (sensitivas e preditivas), e foi visto que as revisões estavam sendo realizadas em atraso, causando também falhas de componentes/materiais inspecionáveis e substituídos durante as revisões.

Em sequência, foram avaliados os dados de Perfil de Perda das frotas que identifica os equipamentos com maior número de intervenções em corretivas e identificado os maiores ofensores para o não atingimento do resultado.

Mediante aos resultados observados foi estruturado ações para os próximos três meses, com o propósito de tratar todo o backlog crítico e ofensores dos equipamentos, com o intuito de garantir confiabilidade e por consequência disponibilidade física dos equipamentos.

Tabela 10 – Ações traçadas para recuperação da DF

AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO
Realizar inspeções em todos os equipamentos e mapear todo backlog pendente	Inspeção	10/06/2022
Realizar reuniões para os próximos 3 meses contemplando todo backlog crítico e sua distribuição de forma semanal e mensal	Planejamento de Curto Prazo (PCM)	20/06/2022
Realizar curva de recuperação de DF mediante a execução do Backlog	Planejamento de Curto Prazo (PCM)	21/06/2022
Garantir que todas as revisões sistemáticas sejam programadas conforme estratégia da Engenharia	Programação	30/06/2022

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

4.2 Resultados Após Implementação das Ações

Mediante ao levantamento realizado pelos inspetores de todo backlog dos equipamentos e distribuição das manutenções nos próximos 3 meses, espera-se reduzir o percentual (%) de falhas em corretivas e atingimento da DF orçada. Realizando um planejamento trimestral, considerando criticidade das ordens de

manutenção, custos necessários, tempo de fornecimento dos materiais de manutenção, recursos necessários e mão de obra.

4.3 Proposta de adequação para planejamento

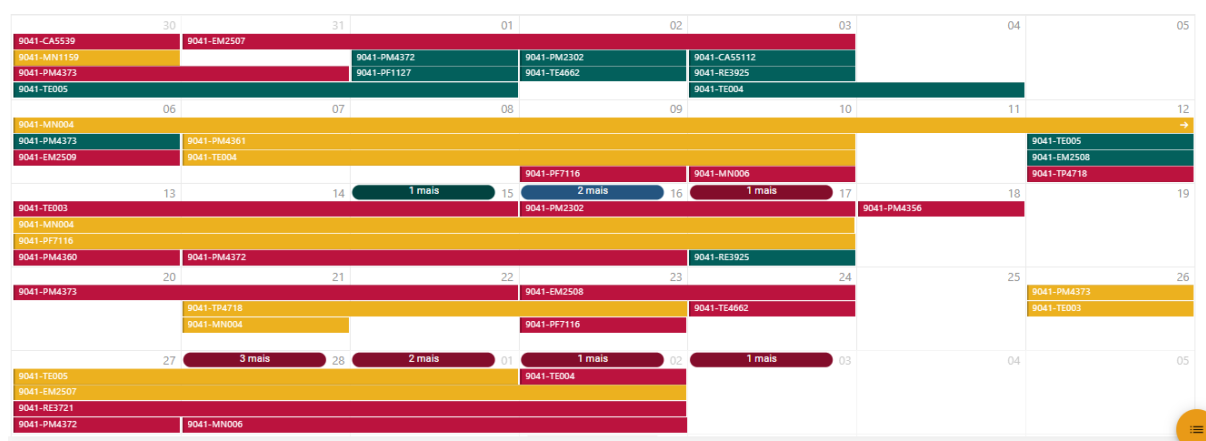
Após realização do planejamento de curto prazo (horizonte trimestral) e alcançados os resultados esperados na confiabilidade dos equipamentos, foi observado que o planejamento deve contemplar horizonte maior. Com horizonte do trimestral ao anual é possível realizar adequada alocação dos recursos, isto é, disponibilizar todos os recursos em tempo hábil para realização das manutenções, realizar orçamento de recursos financeiros e de mão de obra para atender a demanda. Assim, poderá garantir que as manutenções sejam realizadas conforme necessidade dos ativos, sem gerar impactos nos demais processos e por consequência proporcionar a confiabilidade dos ativos.

Desta forma, foi visto a necessidade de estruturar o planejamento de Médio Prazo para que possamos planejar as atividades de manutenção e recursos previstos no horizonte rolante do Mapa Anual, garantindo seu cumprimento. Para elaboração do Mapa Anual deve-se levar em consideração: planos sistemáticos, demandas de intervenções associadas riscos relevantes, instalações, desinstalações e paralisações, novos projetos de capital e investimentos correntes, adequações à requisitos legais, saúde, segurança, meio ambiente e inputs das áreas de engenharia, confiabilidade e riscos do negócio.

Com o planejamento de Médio Prazo estruturado, o Planejamento de Curto Prazo tem como objetivo desdobrar o planejamento anual, deve-se atualizar as manutenções necessárias para as próximas semanas (Trimestral) e o seu desdobramento no próximo mês, próxima semana e próximo dia, informando corretamente as premissas adotadas no planejamento e limitações de recursos ao Planejamento Integrado, garantindo que todas as manutenções necessárias sejam realizadas, prevendo e evitando os desvios para realização das mesmas.

A Tabela 11 apresenta o Mapa de Paradas elaborado para o horizonte anual, o qual são lançadas todas as manutenções previstas para o próximo ano, e atualizado no horizonte trimestral.

Tabela 11 – Mapa de Paradas



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Após elaboração e execução das ações, foi visto a oportunidade de aprimorar os processos de planejamento de médio (horizonte anual) e curto prazo (horizonte

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

trimestral). Isso para garantir desta forma, o cumprimento das manutenções previstas no horizonte anual. Para isso, foi desdobrado o mapa e apropriado corretamente recursos, custos e mão de obra a fim de assegurar a confiabilidade dos ativos e por consequência atingimento dos indicadores de performances.

A Tabela 12 e 13 apresenta o indicador DF dos equipamentos de frota de infraestrutura e carga auxiliar após a implementação do plano de ação. Os dados são referentes ao mês de agosto de 2022.

Tabela 12 – DF da frota de Infraestrutura após implementação das ações

EQTO	Maio			Junho			Julho			Agosto		
	Realizado	Orçado		Realizado	Orçado		Realizado	Orçado		Realizado	Orçado	
MN1136	42,12%	61,74%	19,62%	58,00%	62,37%	4,37%	64,00%	62,69%	-1,32%	66,00%	63,00%	-3,00%
TE002	75,00%	53,51%	-21,49%	65,00%	54,05%	-10,95%	66,00%	54,33%	-11,67%	68,00%	54,60%	-13,40%
TP4718	72,00%	64,97%	-7,03%	79,00%	65,64%	-13,36%	85,00%	65,97%	-19,03%	81,00%	66,30%	-14,70%
TE4662	63,00%	62,70%	-0,30%	64,00%	63,34%	-0,66%	66,00%	63,66%	-2,34%	64,00%	63,98%	-0,02%
TE004	78,00%	62,70%	-15,30%	81,00%	63,34%	-17,66%	54,00%	63,66%	9,66%	64,00%	63,98%	-0,02%
TE003	52,00%	62,70%	10,70%	55,00%	63,34%	8,34%	64,00%	63,66%	-0,34%	65,00%	63,98%	-1,02%
TE005	55,00%	62,70%	7,70%	45,00%	63,34%	18,34%	58,00%	63,66%	5,66%	65,00%	63,98%	-1,02%
MN006	33,00%	56,94%	23,94%	45,00%	57,52%	12,52%	58,00%	57,81%	-0,19%	61,00%	58,10%	-2,90%
MN005	51,00%	56,94%	5,94%	54,00%	57,52%	3,52%	58,00%	57,81%	-0,19%	62,00%	58,10%	-3,90%
MN004	72,00%	56,94%	-15,06%	75,00%	57,52%	-17,48%	59,00%	57,81%	-1,19%	65,00%	58,10%	-6,90%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Conforme tabela 12, é possível visualizar o atendimento do orçado, ou seja, atendimento da DF planejadas para a maioria dos equipamentos da frota infraestrutura.

Tabela 13 – DF da frota de Carga Auxiliar após implementação das ações

EQTO	Maio			Junho			Julho			Agosto		
	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna	Realizado	Orçado	Lacuna
PM2302	86,00%	82,30%	-3,70%	88,00%	83,14%	-4,86%	90,00%	83,56%	-6,44%	92,00%	83,98%	-8,02%
RE3721	76,00%	81,93%	5,93%	83,00%	82,76%	-0,24%	84,00%	83,18%	-0,82%	89,00%	83,60%	-5,40%
EH015	68,00%	72,32%	4,32%	75,00%	73,06%	-1,94%	78,00%	73,43%	-4,57%	82,00%	73,80%	-8,20%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Observa-se o mesmo comportamento da frota de infraestrutura em relação ao cumprimento da DF da frota de carga auxiliar. Importante também informar que a partir do segundo mês, setembro de 2022, todos os equipamentos das frotas atingiram os DF do orçado.

5. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo apresentar análises e estratégias traçadas dentro do PCM para atingimento da disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos de Mineração das frotas de Infraestrutura e Carga Auxiliar, a fim de minimizar impactos gerados pela falta de equipamentos no processo produtivo de mineração.

Inicialmente, foram avaliados os números realizados de DF dos equipamentos de Infraestrutura e Carga Auxiliar, e observado nos quatro primeiros meses do ano de 2022 que o resultado alcançado estava muito abaixo da meta orçado/projetado para o ano. Após essa primeira análise, foram detalhadas as horas de manutenções realizadas nos equipamentos, e verificado que o peso/gargalo estava nas horas realizadas em manutenções corretivas, e em seguida verificado baixa execução de manutenções preventivas.

Foram avaliadas todas as manutenções corretivas e suas respectivas classes de falhas, analisados quais sistemas tiveram maior incidência de falhas e maiores intervenções. Com essas análises chegamos a conclusão da necessidade de estruturar os processos de manutenções dentro do Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), visto que, as manutenções sistemáticas com estratégias elaboradas pela engenharia afim de mitigar possíveis falhas em corretivas não estavam sendo executadas conforme estratégia, uma outra necessidade foi em relação ao planejamento das manutenções no horizonte anual, visto também impactos nas corretivas devido indisponibilidade de materiais que poderiam ter sido previstos e planejados com horizonte maior.

Mediante as conclusões acima, foram estruturadas ações para atingimento da DF orçada e por consequência confiabilidade dos equipamentos, dentre as ações temos: a reestruturação do planejamento de médio prazo que prevê as manutenções no horizonte anual, e reestruturação do planejamento de curto prazo que tem como função desdobrar o planejamento de médio prazo, garantindo a execução de todas as manutenções previstas para os próximos três meses.

Após reestruturação das duas funções e cumprimento de papeis e responsabilidades, foram mapeadas todas as necessidades de manutenções nos equipamentos das frotas em estudo e priorizado de forma ordenada as manutenções para os próximos três meses considerando o valor disponível de DF por equipamento e planejando dentro desse orçado.

E após cumprimento das ações propostas tivemos a recuperação de performance das frotas, e o atingimento do rendimento operacional da unidade, uma vez que não tivemos impactos produtivos devido a baixa disponibilidade de equipamentos.

Referências

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

AURÉLIO. **Dicionário do Aurélio Online**. 2008-2013 Disponível em: <http://www.dicionariodoaurelio.com>. Acesso em:

BARAN, Renato; LEGEY, Luiz Fernando Loureiro. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.33, p. 207-224, mar. 2011.

BOTELHO, Farley Freedman. **O Novo Código De Mineração Aspectos Econômicos, Ambientais E Consequências Para O Desenvolvimento Da Mineração No Brasil**. Monografia. Universidade Presidente Antônio Carlos, 2011.

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

BARROS, Bruno Leonardo Souza. **Impactos Ambientais Provenientes Da Utilização De Metais Pesados Pelas Empresas Mineradoras**. Monografia. Faculdade Presidente Antônio Carlos, 2013.

FRANCISCHINI, Andresa Silva Neto, **Indicadores de desempenho: dos objetivos à ação — métodos para elabora KPIs e obter resultados**, 2017

JURAN, J.M; GRZYNA, Frank M. **Controle da Qualidade – Handbook. Ciclo dos Produtos: do projeto à produção.** 4ª Ed. São Paulo: Makron Books McGraw-Hill, 1992.

KARDEC, Alan Pinto; NASCIF, Júlio Xavier. **Manutenção: Função Estratégica.** 3ª.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2009

MARTIMIANO, Vinicius José Celso, **Otimização da Manutenção: Um estudo de caso uma frota de caminhões rodoviários de mineração.** Monografia, Universidade Presidente Antônio Carlos, 2019.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa.** 1998 – 20009.

NEILPATEL. **Exemplos de Indicadores de Desempenho Para 14 Áreas Diferente.** 2023. Disponível em: <https://neilpatel.com/br/blog/indicadores-de-desempenho/>. Acesso em: 06/06/23.

OLIVEIRA, José Baptista Júnior. **Desativação de Empreendimentos Mineiros: Estratégias Para Diminuir o Passivo Ambiental.** Tese, Universidade de São Paulo, 2001.

OLIVEIRA, Marcela Marques, **ANÁLISE DOS INDICADORES DE PERFORMANCE COM O CUSTO DE MINÉRIO DE FERRO EM UMA MINA POR MEIO DE**

PAIVA, Everton Moreira, **APLICAÇÃO DA ISO14001 NAS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO,** Monografia, Universidade Presidente Antônio Carlos, 2020.

TELES, Jhonata. **Bíblia do RCM – O GUIA COMPLETO E DEFINITIVO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0.** Distrito Federal: ENGTELES Editora, 2019