

Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG
Curso de Engenharia Mecânica

THALLES HENRIQUE DE ARAÚJO SILVA
ZACARIAS NUNES DA SILVA FILHO

IMPLEMENTAÇÃO DO PERFIL DE PERDAS NA CONFIABILIDADE
DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA MINERAÇÃO

Publicação Nº 05

Goianésia - GO
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, THALLES HENRIQUE DE ARAUJO.
FILHO, ZACARIAS NUNES DA SILVA

Implementação do Perfil de Perdas na Confiabilidade da Manutenção Industrial na Mineração [Goiás] 2024 (FACEG, Bacharel, Engenharia Mecânica, 2024).

ARTIGO – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Mecânica.

1. Pareto	2. Impactos
3. Eficiência	4. Mineração
I. ENM/FACEG	II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, T. H. A. e FILHO, Z. N. S Implementação do Perfil de Perdas na Confiabilidade da Manutenção Industrial na Mineração, Publicação 05 2024/1 Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, Goianésia, GO, 2024.

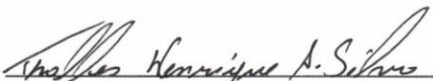
CESSÃO DE DIREITOS

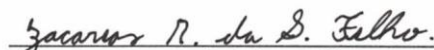
NOME DOS AUTORES: Thalles Henrique de Araujo Silva e Zacarias Nunes da Silva Filho

TÍTULO DO TRABALHO DO ARTIGO: Implementação do Perfil de Perdas na Confiabilidade da Manutenção Industrial na Mineração.

GRAU: Bacharel em Engenharia Mecânica ANO: 2024

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.


Thalles Henrique de Araujo Silva
CEP 76385-036 Goianésia/GO – Brasil

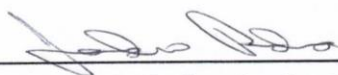

Zacarias Nunes da Silva Filho
CEP 76386-085 Goianésia/GO - Brasil

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, EM FORMA DE ARTIGO,
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA FACEG**

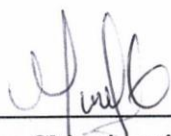
Aprovados por:



**Alessandro Morais Martins, Mestre (FACEG)
(ORIENTADOR)**



**Ivandro Jose de Freitas Rocha, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**Marines Chiquinquirá Carvajal Bravo Gomes, Doutora (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

IMPLEMENTAÇÃO DO PERFIL DE PERDAS NA CONFIABILIDADE DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA MINERAÇÃO

Thalles Henrique de Araújo Silva ¹, Zacarias Nunes da Silva Filho ² e Alessandro Morais Martins ³

¹Acadêmico de Engenharia Mecânica/FACEG Email: thalleshenrique497@gmail.com

²Acadêmico de Engenharia Mecânica /FACEG Email: zacariasnunes30@gmail.com

³Orientador(a) e Professor(a) do Curso de Engenharia Mecânica/FACEG Email: alessandro.martins@docente.evangelicagoianesia.edu.br

Resumo: A confiabilidade da manutenção é um conceito que evoluiu ao longo do tempo com o avanço da engenharia e da gestão de ativos, sendo uma área multidisciplinar que integra conhecimentos de engenharia, gestão, estatística, tecnologia da informação e outras disciplinas. A influência do perfil de perdas na confiabilidade da manutenção é um tema de extrema relevância nesse campo e busca analisar como essa metodologia influencia a confiabilidade das operações de manutenção em ambientes industriais. O objetivo deste estudo consiste na estratificação das perdas do processo produtivo, por meio do levantamento de informações e aplicação do princípio de Pareto, para identificar as áreas de maior potencial de ganho. Essa estratificação divide as perdas em categorias, permitindo uma análise precisa dos impactos das falhas dos equipamentos, que podem resultar na paralisação de uma planta, linha de produção ou equipamento específico. Para alcançar o objetivo foi realizada uma pesquisa de campo em uma empresa do ramo da mineração no estado de Goiás, foi implementada a metodologia do perfil de perdas e coletado os dados para estratificação das perdas ao longo do processo, identificando as áreas de maior impacto com base no princípio de Pareto e levantando ações para tratativa das perdas. A análise tem o intuito de fornecer uma compreensão mais aprofundada sobre como as perdas afetam a confiabilidade da manutenção e como as organizações podem adotar estratégias proativas para melhorar seu desempenho. Os resultados desta pesquisa foram aplicados na otimização de programas de manutenção preventiva, na redução de custos operacionais e no aumento da disponibilidade dos ativos. O estudo contribuiu para a melhoria da eficiência e da confiabilidade das operações de manutenção industrial, fornecendo percepções valiosas sobre a gestão adequada dos perfis de perdas, sendo um passo crucial para identificar, abordar e priorizar os desafios enfrentados pela empresa em relação à manutenção de seus ativos. No geral o resultado demonstrou uma redução significativa de 43,71% das falhas corretivas, graças ao trabalho de confiabilidade da manutenção mecânica.

Palavras-chaves: Eficiência. Confiabilidade da Manutenção. Princípio de Pareto.

Abstract: The reliability of maintenance is a concept that has evolved over time with the advancement of engineering and asset management, being a multidisciplinary area that integrates knowledge of engineering, management, statistics, information technology and other disciplines. The influence of the loss profile on the reliability of maintenance is a theme of extreme relevance in this field and seeks to analyze how this methodology influences the reliability of maintenance operations in industrial environments. The objective of this study is the stratification of the losses of the production process, through the collection of information and application of the Pareto principle, to identify the areas of greatest gain potential. This stratification divides the losses into categories, allowing an accurate analysis of the impacts of equipment failures, which can result in the shutdown of a specific plant, production line or equipment. To achieve the goal, field research was carried out in a mining company in the state of Goiás, the methodology of the loss profile was implemented and the data was collected for stratification of losses throughout the process, identifying the areas of greatest impact based on the Pareto principle and raising actions to deal with losses. The analysis aims to provide a deeper understanding of how losses affect the reliability of maintenance and how organizations can adopt proactive strategies to improve their performance. The results of this research were applied in the optimization of preventive maintenance programs, in the reduction of operating costs and in the increase in the availability of assets. The study contributed to the improvement of the efficiency and reliability of industrial maintenance operations, providing valuable insights into the proper management of loss profiles, being a crucial step in identifying, addressing and prioritizing the challenges faced by the company in relation to the maintenance of its assets. Overall, the result showed a significant reduction of 43.71% in corrective failures, thanks to the work of reliability of mechanical maintenance.

Keywords: Efficiency. Reliability of Maintenance. Pareto Principle.

INTRODUÇÃO

A confiabilidade na manutenção, conforme norma NBR-5462 [1], é compreendida como a porcentagem ou probabilidade de funcionamento adequado, dentro de determinado período de tempo, de máquinas, sistemas e/ou itens inseridos na cadeia produtiva. Em outras palavras, é a habilidade do sistema em executar sua função dentro de limites e condições operacionais durante um tempo definido.

A manutenção não apenas mantém os equipamentos em pleno funcionamento, mas também desempenha um papel crucial na prevenção de falhas e na restauração de equipamentos quando ocorrem problemas. Portanto, a confiabilidade pode ser empregada para reduzir custos e aprimorar a eficiência das operações de manutenção, resultando em uma maior disponibilidade e segurança dos equipamentos dentro da empresa [2].

Foram desenvolvidas várias ferramentas de análise com a finalidade de estratificar as perdas de produção e assim determinar quais seriam as falhas de

maior impacto. O Perfil de Perdas consiste na estratificação das perdas ao longo do processo com base no princípio de Pareto, identificando as áreas de maior impacto. Para elaborar o perfil de perdas, inicialmente, define-se a natureza da perda a ser tratada [3].

A análise estratégica permite a identificação das principais oportunidades de ganho, ao segmentar as perdas em horas devido a falhas em equipamentos que podem resultar na paralisação de uma planta, linha de produção ou equipamento específico. A compreensão das perdas é fundamental para a tomada de decisões informadas em relação à manutenção [3].

A estratégia de estratificação de perdas pode ser detalhada até o nível do componente responsável pelas falhas, começando pela categorização das perdas por disciplina de manutenção (elétrica, automação, instrumentação, mecânica, etc.). É fundamental considerar a natureza das perdas, a quantidade de falhas ou eventos de manutenção, a disponibilidade operacional do ativo e a localização da falha no equipamento [4].

De acordo com Pinto [5] e Nascif [6], a manutenção mecânica deve ser feita de uma maneira eficaz e rápida, isto é, realizar reparos de forma breve para prevenir falhas e avarias futuras que possam comprometer a confiabilidade do equipamento e causar paradas não planejadas.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) tem como objetivo de direcionar os esforços da manutenção, para sistemas e equipamentos onde a confiabilidade é fundamental, com o propósito de assegurar o desempenho, a integridade e a segurança, sempre considerando o equilíbrio entre custos e benefícios [7].

Implementar o perfil de perda na confiabilidade da manutenção é fundamental, pois permite uma abordagem direcionada aos pontos críticos. Identificar onde as perdas são mais significativas possibilita a alocação eficiente de recursos, focando em áreas que impactam diretamente o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. Dessa forma, ao compreender os perfis

de perda, as equipes de manutenção podem priorizar ações corretivas e preventivas, maximizando a eficácia operacional e minimizando custos desnecessários [3].

Conforme o conceito de disponibilidade de Kardec [8] e Viana [9], tratam que as fontes de informações essenciais para a análise do perfil de perdas incluem sistemas informatizados de gerenciamento da manutenção e bancos de dados contendo indicadores de desempenho, como Disponibilidade Física (DF), Tempo Médio Entre Falhas (do inglês *Mean Time Between Failures* - MTBF) e Tempo Médio Para Reparo (do inglês *Mean Time To Repair* - MTTR). Compreender e aplicar o perfil de perdas na confiabilidade da manutenção é um passo fundamental para otimizar as operações industriais, reduzir custos, aumentar a disponibilidade dos ativos e melhorar a eficiência global dos processos de manutenção.

Este estudo apresenta uma visão estratégica do perfil de perdas para eficiência e assertividade que favorece a tomada de decisões mais inteligentes e eficazes em uma operação industrial na mineração. Foram agrupadas as técnicas de manutenção mais eficientes por meio da MCC, realizando o estudo da estratificação das perdas do processo produtivo, levantamento de informações e aplicação do princípio de Pareto, para investigar a causa raiz dos problemas e identificar soluções mais adequadas, resultando na implementação de um plano de ação com intuito de centralizar e organizar os esforços na direção correta.

REFERENCIAL TEÓRICO

A MCC é um processo usado para determinar as necessidades de manutenção de qualquer ativo físico no seu contexto operacional, tem a concepção de um programa de manutenção altamente eficiente, atualizando a confiabilidade do sistema ou equipamento. A MCC representa uma estratégia de gestão de ativos que direciona sua atenção para a confiabilidade de equipamentos e sistemas, atualizando melhorias como práticas de manutenção. Seu objetivo é melhorar a confiabilidade operacional e reduzir os custos relacionados à manutenção,

impulsionando assim a eficiência dos processos e aumentando a disponibilidade dos ativos [7].

Conforme Burhannudin [10], a MCC é um conceito direcionado à melhoria das estratégias de manutenção, visando a melhoria do desempenho global e da confiabilidade dos sistemas. A abordagem de MCC é um método amplamente empregado nesse contexto, envolvendo a identificação de componentes críticos e a determinação das instruções ideais nas atividades de manutenção para garantir operações contínuas e reduzir as perdas decorrentes de falhas em máquinas. Isso indica que a abordagem da MCC pode contribuir para a determinação do Tempo Médio Até a Falha (do inglês *Mean Time To Failure* - MTTF) e a programação eficiente de substituições de componentes críticos.

Princípio de Pareto, também conhecido como a regra 80/20, desempenha um papel significativo na gestão da manutenção. Esse princípio sugere que, em muitos casos, aproximadamente 80% dos problemas resultam de 20% das causas. Ao aplicar esse conceito à manutenção, podemos direcionar nossos esforços para os problemas mais impactantes, otimizando recursos e priorizando ações corretivas onde têm o maior impacto. Compreender e aplicar o Princípio de Pareto na manutenção permite uma abordagem mais eficiente e eficaz para melhorar a confiabilidade e o desempenho dos equipamentos [11].

Conforme César [12], o Gráfico de Pareto é uma representação gráfica composta por barras verticais em ordem decrescente, em que cada barra representa uma causa e indica sua importância em relação ao total aplicado. Esse gráfico confirma o princípio de Pareto, o qual estabelece que 80% dos impactos em determinado contexto são atribuíveis a apenas 20% dos problemas identificados, validados por meio de experimentação social. César [12] indica que poucas causas levam a maioria das perdas, ou seja: poucas são vitais, a maioria é trivial.

A análise de Pareto é empregada no campo de manutenção para priorizar ações de aprimoramento e identificar pontos cruciais para intervenção nas operações de manutenção. Esta ferramenta desempenha um papel

fundamental na classificação de defeitos e orientar as operações de manutenção em direção aos componentes mais suscetíveis a danos, prevenindo falhas iminentes. Por meio da análise de Pareto, é possível aprimorar a abordagem de manutenção preventiva ao concentrar esforços nas causas associadas aos danos nas categorias primária e secundária [13].

Segundo Raupp [14], a análise de causa raiz desempenha um papel crucial na confiabilidade da manutenção, sendo uma abordagem sistemática para identificar e abordar as causas fundamentais de problemas operacionais. Ao compreender as raízes subjacentes das falhas, as equipes de manutenção podem implementar soluções mais eficazes, promovendo a melhoria contínua e a maximizar da confiabilidade dos equipamentos. Explorar as técnicas de análise de causa raiz é essencial para otimizar os processos de manutenção e reduzir paradas não programadas. O objetivo de estudar os principais métodos de análise de causa raiz, apresentando suas etapas, características, peculiaridades, comparação e exemplificar a aplicação desses métodos, visa prevenir recorrência de falhas, levando às organizações a um nível superior de qualidade, aumento de produtividade e consequentemente maior satisfação dos clientes.

Identificar a causa raiz pode ser feita com um conjunto de princípios, técnicas e metodologias. Uma verificação superficial de causa e efeito, Análise de Causa Raiz (do inglês *Root Cause Analysis* - RCA) pode mostrar onde processos ou sistemas falharam ou causaram um problema. O primeiro objetivo é descobrir a causa raiz de um problema ou evento. O segundo objetivo é usar a causa raiz para entender como resolver e contornar os problemas subjacentes, bem como aprender com eles. O terceiro objetivo é aplicar com a análise para evitar sistematicamente problemas futuros ou repetir algo que deu certo [15].

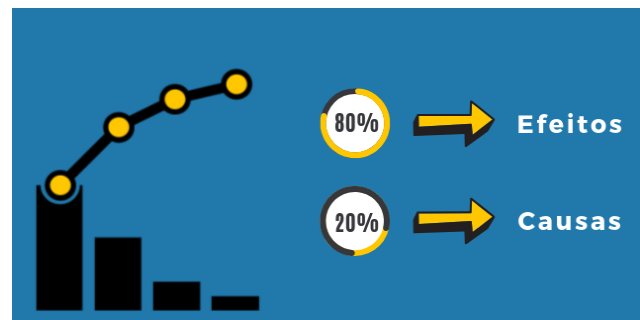
Também pode usar a RCA para ajustar os processos e sistemas de modo a evitar problemas futuros. Existem várias técnicas de análise de causa raiz, como o Método dos 5 por quês, Diagrama de Ishikawa e Mapa de

Causa Raiz. Cada método tem suas próprias etapas, características, peculiaridades e comparações. Alguns métodos são mais adequados para problemas simples em uma organização industrial, enquanto outros são mais indicados para problemas complexos, cujas causas raízes não são facilmente identificadas. A escolha do método depende do tipo de problema que está sendo enfrentado [16].

Castro desenvolveu em estudo dos princípios da MCC para a elaboração de plano de ação: o caso de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração. Esse estudo tem como objetivo geral analisar a contribuição da MCC para a elaboração do plano de ação de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração. São aplicados os princípios e as ferramentas da Gestão da Manutenção entre os meses de janeiro e julho de 2020 para análise do desempenho de equipamentos da frota de caminhões rodoviários em vista da melhoria da confiabilidade desses equipamentos [17].

Enfatiza sobre plano de ação baseado no perfil de perdas. Por meio de gráfico de colunas empilhadas, denotado Gráfico de Pareto, é a principal vertente da análise do perfil de perdas. A Figura 1 é representado pelo eixo X contendo informações sobre os detalhes de cada equipamento ou frota, sendo elas sistemas ou itens, dependendo da configuração atribuída ao painel. O eixo Y é representado pelo tempo total de paradas, atribuídas em horas [17].

Figura 1: Princípio de Pareto, conhecido como a regra 80/20, sugere que aproximadamente 80% dos problemas resultam de 20% das causas.



Fonte: [18].

Para SEBRAE [19], a ferramenta 5W2H (Quadro 1) além de servir como uma função de mapeamento das atividades, também inclui planos de ação para atividades pré-determinadas que precisam ser formuladas de forma clara e objetiva. Também tem como objetivo principal responder a sete perguntas e organizá-las.

A função dessa ferramenta é definir o que será feito, por que, onde, por quem, quando, como e quanto isso custará. Dessa forma, o método auxilia na organização e no planejamento de quaisquer processos internos da empresa [20].

METODOLOGIA

O primeiro passo do estudo foi propor uma estratégia de apontamento de paradas mais confiável, que permitiu a análise de perfil de perdas seguindo a metodologia de Pareto, com base em horas paradas, a causa e modo de falha, permitindo aos gestores tomar decisões mais assertivas.

Quadro 1: 5W2H.

5W					2H	
What (O que)	Why (Por que)	Where (Onde)	Who (Quem)	When (Quando)	How (Como)	How Much (Quanto Custa)
O que será feito?	Por que será feito?		Por quem será feito?	Quando será feito?	Como será feito?	Quanto custará fazer?
Qual é o seu objetivo?	Qual é a razão que motiva essa ação?	Onde será feito?	Quem está envolvido ou é responsável em cada ação?	Quais são as primeiras ações necessárias?	Como iniciar, mensurar e ativar as ações necessárias?	Quanto custará em tempo, esforço, dinheiro, conhecimento, preparação psicológica e negociação ou motivação pessoal e de grupo?
Como descrever o melhor que pode obter nesta situação?	O que vai conseguir de retorno? Vale a pena?		Quem deve ser avisado?	Essas ações são proativas ou dependem de outras fora do seu controle?	Quais são as soluções de contingência, no caso de encontrar obstáculos?	
					O que sinalizará que é o momento de agir assim?	

Fonte: [19]

Quadro 2: Modelo de Apontamento de Paradas Proposto.

Oficina Responsável	Área	TAG	Data	Data Final	Duração (Horas)
Mecânica	Redução	512-TZ-001	24/08/23 18:30	24/08/23 19:10	1,0
Mecânica	Redução	512-TZ-002	26/08/23 7:50	26/08/23 12:00	4,2
Mecânica	Redução	542-TA-002	26/08/23 14:30	26/08/23 18:00	3,5
Mecânica	Redução	512-PE-001	01/09/23 3:20	01/09/23 3:20	9,8
Tipo de Manutenção	Impacto DF (Disponibilidade Física)	Descrição			
Corretiva	Não	Substituição da mangueira de ar de alimentação do martelo			
Corretiva	Não	Substituição da bucha do mecanismo de trava da perfuratriz			
Corretiva	Não	Substituição de segmento danificado			
Corretiva	Não	Vazamento de óleo hidráulico eletrodo 5, forno 2 (curto entre tubulações de água e óleo)			
Descrição Sistema	Descrição do Componente	Modo de Falha	Causa da Falha		
Sistema Mecânico	Mangueira	Vazamento	Desgaste		
Sistema Mecânico	Bucha	Folga	Desgaste		
Sistema Mecânico	Engrenagem	Desalinhamento	Sobrecarga		
Sistema Mecânico	Tubulação	Vazamento	Curto-circuito		

Fonte: Próprio autor, (2024).

O diagnóstico de falha precisa ser realizado com segurança, rapidez e assertividade, pois é neste processo que a equipe de manutenção pode se diferenciar na busca da disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos com custos apropriados.

Os campos TAG, Data/hora inicial e Data/hora final da Quadro 2 são recebidos automaticamente pelo sistema de gerenciamento de paradas através do sistema de controle. A Descrição da ocorrência e Oficina Responsável são preenchidos manualmente pelo operador, e posteriormente complementado pelo técnico de manutenção que atendeu a ocorrência, assim como os demais campos como Descrição do Componente, Modo de falha e Causa da Falha. A assertividade destes dados é analisados pela engenharia e corpo técnico das áreas, propondo traçar um perfil de perdas confiável suficientemente para a tomada de decisão assertiva por parte dos gestores.

O segundo passo do estudo, através da utilização da ferramenta Power BI Desktop (versão, Microsoft Corporation, 2022), favoreceu a capacidade de visualização nítida dos dados e otimização do seu gerenciamento, contribuindo para a preparação dos relatórios, gráficos e informações levantadas na base de apontamento das paradas.

O Power BI permite filtrar as perdas com base em quantidade de horas paradas de cada equipamento durante o mês ou intervalo desejado, além de ramificar os equipamentos de cada área (Calcinação, Redução e Refino) em seus respectivos grupos, e, uma pré-análise do sistema, componente, modo e causa da falha, todos baseados no princípio de Pareto em função das horas paradas dos equipamentos. Além disso é possível selecionar apenas um equipamento e identificar todas essas informações com base nele, incluindo a quantidade, modo e causa de falhas durante o período de tempo determinado.

O terceiro passo do estudo, foi montada uma apresentação para efeito de tomada de decisão, com o objetivo de levantar ações para tratativas das perdas. Trabalhando nos 20% dos equipamentos que representaram 80% das horas paradas não programadas de cada área.

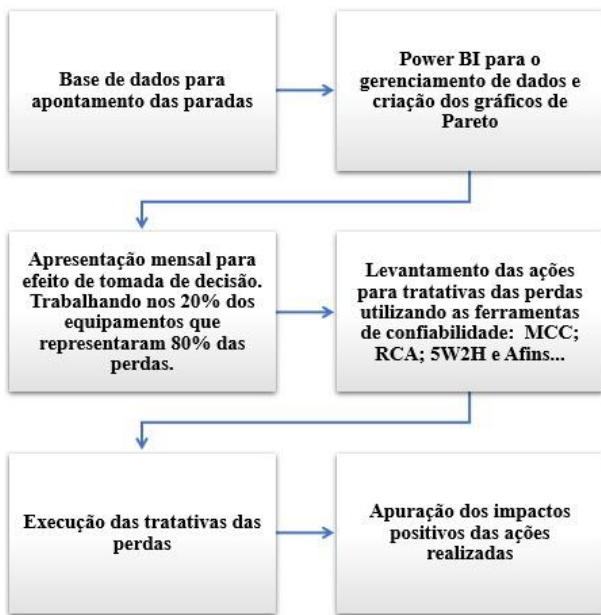
O quarto passo do estudo, através da apresentação para efeito tomada de decisão, foi realizado o levantamento de ações para tratativas das perdas e não reincidência das falhas, determinando o prazo e os responsáveis por sua execução.

O quinto passo refere-se à execução das ações levantadas para tratativas das perdas, mitigando a probabilidade de reincidência das falhas.

Mantendo o fluxo de trabalho contínuo do Perfil de Perdas, alcançamos no sexto passo a apuração dos impactos positivos que esse trabalho reflete na performance anual dos ativos, comparando os indicadores do período anterior com os atuais.

O fluxograma seguinte (Figura 2), ilustra as etapas do processo para implementação do Perfil de Perdas e alcance dos resultados esperados.

Figura 2: Fluxograma do processo de Implementação do Perfil de Perdas na Confiabilidade da Manutenção.



Fonte: Próprio autor, (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No exemplo estudado, foram levantadas as perdas dos ativos de todas as áreas durante o mês (Figura 3) e posteriormente ramificado o Pareto das áreas da Calcinação (Figura 4), Redução (Figura 5) e Refino (Figura 6). Todas destacando com tracejado vermelho, os 20% dos equipamentos que representaram 80% das horas paradas.

A metodologia foi voltada para a coleta e análise de dados sobre falhas, visa registrar esse apontamento de paradas e utilizar essa base de dados para geração de gráficos seguindo o princípio de Pareto, favorecendo a determinação das falhas que contribuíram com a maioria das paradas não planejadas dos ativos. O estudo identifica e aponta os pontos críticos do processo, analisado onde as perdas de confiabilidade são maiores. Esses pontos críticos são as áreas que mais necessitam de intervenção para melhorar o desempenho geral e a confiabilidade dos ativos.

A apresentação das perdas corretivas dos ativos durante o mês, expõe o total de horas paradas, a quantidade de ocorrências, o total de horas paradas em cada área separadamente e o gráfico de Pareto geral dos equipamentos em função do impacto nas horas. E posteriormente a geração dos gráficos de Pareto de cada área separadamente.

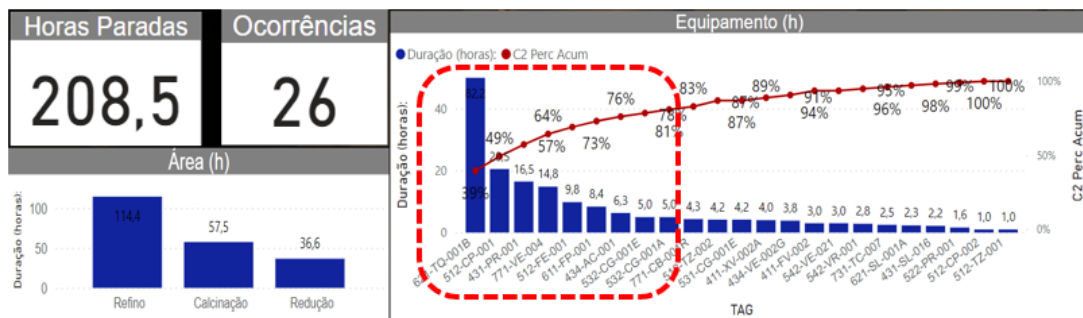
Figura 3: Pareto geral, apresentação das perdas corretivas dos ativos durante o mês.

Análise das perdas



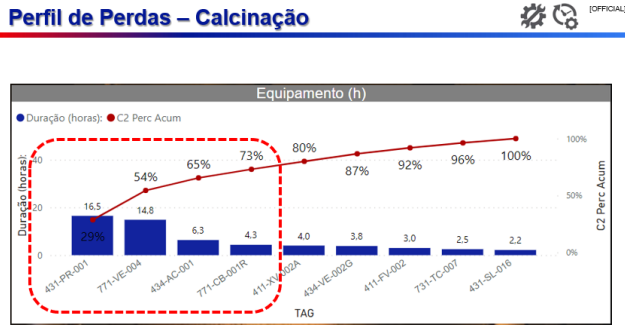
Mês de Agosto/23 foram 26 ocorrências mecânicas com tempo total de 208,5h.

Houveram paradas que geraram impacto na disponibilidade física das áreas.



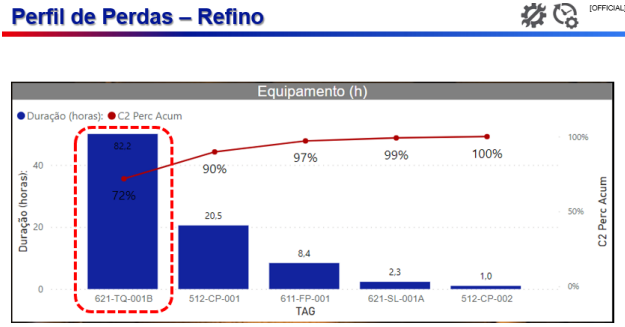
Fonte: Próprio autor, (2024).

Figura 4: Gráfico de Pareto da área da Calcinação.



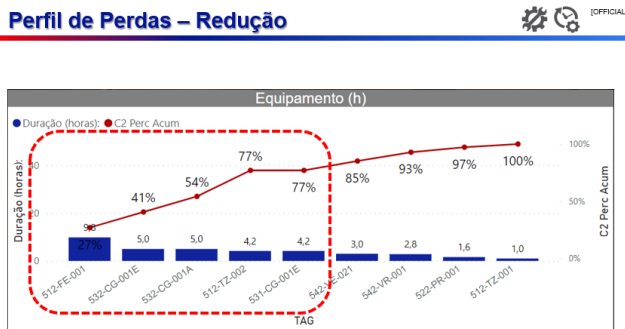
Fonte: Próprio autor, (2024).

Figura 6: Gráfico de Pareto da área da Refino.



Fonte: Próprio autor, (2024).

Figura 5: Gráfico de Pareto área da Redução.



Fonte: Próprio autor, (2024).

A Figura 7 mostra um exemplo da falha que mais impactou em horas no Pareto da área Calcinação.

A Figura 8 mostra o levantamento de ações para tratativas das perdas utilizando a ferramenta 5W2H, determinando os responsáveis e prazos para realização das ações.

As figuras 9, 10 e 11 demonstram imagens de algumas das tratativas realizadas em área.

Figura 7: Falhas que impactaram a operação dos secadores de ar dos compressores.

Condições Encontradas – Secadores de Ar



Evidenciadas as falhas:

- Obstrução do trocador de calor;
- Fragmentação do rotor;
- Quebra do motoredutor;
- Ineficiência do dreno automático;
- Saturação dos filtros de ar.

Fonte: Próprio autor, (2024).

Figura 8: Plano de ação secadores de ar dos compressores.

Plano de Ação								
SW				2H		Status		
O quê? (What?)	Porque? (Why?)	Onde? (Where?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)			Como? (How?)	Quanto custa? (How Much?)
				Início	Fim			
Revisar planos de manutenção de compressores e secadores	Planos não contemplam ou parcialmente o que é recomendado pelo fabricante nas preventivas, inserir materiais, IHH, custos do plano	Manutenção Mecânica	Zacarias Filho	julho, 2023	setembro, 2023	Solicita os planos recomendados pelo fabricante, análise junto a área de manutenção		CONCLUÍDO
Cadastrar peças sobressalentes indicadas no plano de manutenção	Para realizar a aquisição e inclusão no estoque das peças necessárias	Manutenção Mecânica	Zacarias Filho	julho, 2023	setembro, 2023	Cadastro no Klassmat		CONCLUÍDO
Inserir sobressalentes dos planos de manutenção no estoque	Para garantir a correta execução dos planos de manutenção	Manutenção Mecânica	Zacarias Filho	outubro, 2023	novembro, 2023	Solicitando a inclusão via portal e a aprovações gerenciais		CONCLUÍDO
Inserir os planos revisados no sistema SAP	Para garantir a correta execução dos planos de manutenção	Engenharia Confiabilidade	Allan Colares	novembro, 2023	janeiro, 2024	Incluindo no SAP os planos revisados		EMANDAMENTO
Aplicar brita ao redor da sala dos compressores	Eliminar locais que não estão concretados e que podem resultar em suspensão de partículas para os filtros	Manutenção Mecânica	Ercules Pimenta	outubro, 2023	novembro, 2023	Aterrando os locais com brita		CONCLUÍDO
Catalogar as peças que estão no almoxarifado	Para saber as peças de cada modelo de equipamento e incluir na programação semanal as manutenções	Manutenção Mecânica	Saulo Coelho	outubro, 2023	novembro, 2023	Alocando os materiais na oficina, coletar dados de part number das peças		CONCLUÍDO
Realizar limpeza no trocador de calor do secador	Para melhorar a troca térmica do item para a secagem do ar	Manutenção Mecânica	Saulo Coelho	outubro, 2023	novembro, 2023	Realizando estudo de fornecedores na região que possa realizar o atendimento		CONCLUÍDO
Instalar motoredutores nos secadores	Para garantir a correta rotação do rotor do secador	Manutenção Mecânica	Ercules Pimenta	outubro, 2023	novembro, 2023	Realizando a substituição nos secadores mapeados		CONCLUÍDO

Fonte: Próprio autor, (2024).

Figura 9: Aplicado brita ao redor da sala dos compressores.



Fonte: Próprio autor, (2024).

Figura 10: Realizado limpeza no trocador de calor do secador.



Fonte: Próprio autor, (2024).

Figura 11: Instalado motoredutores nos secadores.



Fonte: Próprio autor, (2024).

A implementação do perfil de perdas pode levar à recomendação e desenvolvimento de melhorias para os ativos de um processo com objetivo de melhorar sua performance e estruturar uma manutenção centrada na confiabilidade.

A adoção de um perfil de perdas fornece recomendações destinadas a melhorar a eficiência operacional com o objetivo de reduzir as perdas de confiabilidade em áreas específicas e a pesquisa ajudará a destacar como as perdas de confiabilidade impactam as

operações diárias, delineando assim como as melhorias propostas podem ter um impacto positivo nessas operações.

Os resultados podem incluir o estabelecimento de métricas de desempenho para avaliar a confiabilidade ao longo do tempo, possibilitando comparações pré e pós-implantação de medidas corretivas. Uma expectativa comum consiste na redução dos custos associados a falhas, seja através da diminuição de paradas não programadas, do retrabalho ou da substituição de componentes defeituosos.

Neste trabalho, a pesquisa de campo realizada em uma empresa do ramo da mineração foi um passo crucial para identificar e abordar os desafios enfrentados pela empresa em relação à confiabilidade da manutenção de seus ativos. O aumento significativo de falhas corretivas durante o ano de 2022 destacou a necessidade de uma abordagem mais sistemática e eficaz para lidar com essas questões.

A implementação da metodologia do perfil de perdas na confiabilidade da manutenção foi uma resposta direta a essa necessidade. Essa metodologia envolve a análise detalhada das perdas de confiabilidade ao longo do ciclo de vida dos ativos, identificando as principais áreas de preocupação e os pontos de intervenção mais críticos.

Essa metodologia desempenhou um papel fundamental nesse processo, pois permitiu uma compreensão aprofundada das condições de trabalho dos ativos e dos padrões de falhas observados. Isso incluiu a coleta de dados sobre a frequência e a natureza das falhas, as práticas de manutenção existentes e os procedimentos de controle de qualidade.

Com base nessas informações, a empresa pôde desenvolver e implementar estratégias de manutenção mais eficazes e proativas. Isso inclui a adoção de práticas de manutenção preventiva mais robustas, o investimento em tecnologias de monitoramento de condições, a melhoria

dos processos de treinamento e capacitação da equipe e a otimização do planejamento de manutenção.

A implementação da metodologia do perfil de perdas representou uma abordagem holística para melhorar a confiabilidade da manutenção na empresa de mineração. Ao identificar e abordar as causas subjacentes das falhas corretivas, a empresa pôde reduzir o tempo de inatividade não planejado, aumentar a vida útil dos ativos e melhorar a eficiência operacional como um todo.

Após um ano de tratativas com o perfil de perdas, foi possível realizar uma comparação direta das horas corretivas da manutenção mecânica do ano de 2023 em relação aos anos anteriores. Essa análise permitiu observar os impactos positivos concretos da implementação da metodologia. Os resultados revelaram uma redução significativa no tempo de inatividade não planejado dos ativos.

Na Figura 12 é possível observar que houve uma redução de 68,31% de horas corretivas da manutenção mecânica no ano 2023 em relação ao ano 2022. Mesmo havendo o aumento das horas de manutenção corretiva elétrica em 79,1% e a constância das horas de instrumentação e automação, o resultado geral foi satisfatório em 43,71% graças ao trabalho de confiabilidade da manutenção mecânica.

Figura 12: Excelência Operacional – Fornos Calcinadores



Fonte: Próprio autor, (2024).

CONCLUSÃO

A adoção da metodologia do perfil de perdas demonstrou um resultado assertivo na otimização da confiabilidade dos ativos, melhorando a eficiência operacional e reduzindo as perdas não programadas.

Analisando o perfil de perdas, as equipes de manutenção priorizam ações corretivas e preventivas, maximizando a eficácia operacional e minimizando custos desnecessários, essa estratégia contribuiu para uma melhor performance e favoreceu a tomada de decisões mais inteligentes e eficazes em uma operação industrial.

A pesquisa de campo demonstrou que a estratificação de um perfil de perdas serve como base para grande parte das ferramentas de engenharia de confiabilidade. Sendo um passo crucial para identificar, abordar e priorizar os desafios enfrentados pela empresa em relação à manutenção de seus ativos.

O resultado geral demonstrou uma redução significativa de 43,71% das falhas corretivas durante o ano de 2023 em comparação ao ano 2022, graças ao trabalho de confiabilidade da manutenção mecânica.

Este estudo foi muito proveitoso para a melhoria da disponibilidade física das operações industriais, fornecendo percepções valiosas sobre a gestão adequada da manutenção e otimização dos seus processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, p. 37. 1994.
- XENOS, Harilaus Georgius D'philippos. **Gerenciando a manutenção produtiva: melhores práticas para eliminar falhas. Melhores práticas para eliminar falhas**. 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ByfwDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT32&dq=Gerenciando+a+Manuten%C3%A7%C3%A3o+Produtiva&ots=c8SN79JHiq&sig=0CNiDE5rLDR6uaBoHPpZtLu9Ns0#v=onepage&q=Gerenciando%20a%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Produtiva&f=false>. Acesso em: 13 dez. 2023.
- BRAVIM, Vinícius Dalapícula; SOUZA, M. S. **Perfil de Perdas de Produção Relacionado a Falhas Elétricas: Estudo de Caso das Usinas de Pelotização da CVRD do Complexo de Tubarão**. 2007.
- PORTO, Fernando. Disciplina: **Gerência da Manutenção Perfil de Perdas 2a Parte**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://fernandoportoprofessorengenheiro.files.wordpress.com/2016/07/gmanut-06-perfil-de-perdas-parte-2.pdf>. Acesso em: 8 agosto 2023.
- PINTO, A, K; XAVIER, J, N. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- NASCIF, J.A. **Manutenção – função estratégica**. 2.ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.
- MOUBRAY, Johan. **Manutenção Centrada em Confiabilidade in Reliability-Cetred Maintenance**. United Kingdom: Aladon Ltd, 2000.
- KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.
- VIANA, Herbert Ricardo Gracia. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Quality mark. Rio de Janeiro, 2009.
- BURHANNUDIN, M.; ANSHORI, Moch. Implementasi Reliability Centered Maintenance Pada Excavator Pc-800. **JISO: Journal of Industrial and Systems Optimization**, v. 5, n. 2, p. 143-150, 2022.
- CONTENT, Rock. **Entenda a ciência por trás do Princípio de Pareto e saiba como aplicá-lo em diferentes áreas da empresa**. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/principio-de-pareto/>. Acesso em: 09 dez. 2023.
- CÉSAR, Francisco I. Giocondo. **Ferramentas Básicas da Qualidade**. 2011. Disponível em: <https://www.google.com.br/books/edition/Ferrament>

- as_B%C3%A1sicas_da_Qualidade/CniEMu69GTgC?hl=ptBR&gbpv=1. Acesso em: 18 nov. 2023.
13. MĂLINESCU, Florin-Irinel; VIRCA, Ioan. Research to Improve Preventive Maintenance of Technical Equipment. **Land Forces Academy Review**, v. 27, n. 3, p. 250-256, 2022.
 14. RAUPP, Fernanda Maria Pereira. **Análise de Causa Raiz: levantamento dos métodos e exemplificação**. 2014. Tese de Doutorado. PUC-Rio.
 15. UBEROI, R.S.; GUPTA, U.; SIBAL, A. **Root Cause Analysis in Healthcare**. Apollo Medicine, Vol.1, 2004, 60-63.
 16. TERNER, G.L.K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e solução de problemas em uma empresa metal-mecânica**. Porto Alegre, 2008. 33-55p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
 17. CASTRO, Lucas Araújo. **Estudo dos princípios da manutenção centrada na confiabilidade para a elaboração de plano de ação: o caso de uma frota de caminhões rodoviários de uma empresa de mineração**. 2020.
 18. RODRIGUES, Bianca Tamy. **Diagrama de pareto**. CEP, v. 1310, p. 100, 2015.
 19. SEBRAE. 5W2H: **o que é, para que serve e por que usar na sua empresa**. Disponível em: <https://www.sebrae-sc.com.br/blog/5w2h-o-que-e-para-que-serve-epor-que-usar-na-sua-empresa>. Acesso em: 25 de novembro de 2023.
 20. LUCINDA, Marco Antônio. **Análise e Melhoria de Processos** - Uma Abordagem Prática para Micro e Pequenas Empresas. Simplíssimo Livros Ltda, f. 66, 2016. 106 p.