

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NADYLA GALVÃO MACIEL

**CONFIABILIDADE HUMANA NA DIMINUIÇÃO DE FALHAS EM FREIOS
ELETROMAGNÉTICOS:** Estudo de caso no Terminal Marítimo da Ponta da Madeira.

São Luís – MA
2024

NADYLA GALVÃO MACIEL

**CONFIABILIDADE HUMANA NA DIMINUIÇÃO DE FALHAS EM FREIOS
ELETROMAGNÉTICOS: Estudo de caso no Terminal Marítimo da Ponta da Madeira.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Maranhão como elemento obrigatório para receber o grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador (a): Prof. Msc João Vitor Rego Muniz

São Luís – MA
2024

Maciel, Nadyla Galvão

Confiabilidade humana na diminuição de falhas em freios eletromagnéticos: estudo de caso no terminal marítimo da ponta da madeira / Nadyla Galvão Maciel. – São Luis, MA, 2024.

43 f

Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientador: Prof. Me. João Vitor Rego Muniz

1.Freios. 2.Mineradora. 3.Manutenção. 4.Confiabilidade humana. 5.Capacitação. I.Titulo.

CDU:656.025.4


Elaborado por Cássia Diniz - CRB 13/910

**CONFIABILIDADE HUMANA NA DIMINUIÇÃO DE FALHAS EM FREIOS
ELETROMAGNÉTICOS: Estudo de caso no Terminal Marítimo da Ponta da Madeira.**


Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção da Universidade Estadual do
Maranhão como elemento obrigatório para
receber o grau de bacharel em Engenharia de
Produção.

Aprovado em:


BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **JOAO VITOR REGO MUNIZ**
Data: 27/08/2024 01:00:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Msc. João Vitor Rego Muniz
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **WELLINTON DE ASSUNCAO**
Data: 29/08/2024 18:11:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Wellington Assunção
Primeiro membro

Documento assinado digitalmente
 **ANDREA PATRICIA CASTRO LEITE**
Data: 27/08/2024 19:15:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Msc. Andréa Patrícia Castro Leite
Segundo membro

Dedico este trabalho a Deus, fonte de toda sabedoria e inspiração. Sou grata pela força, coragem e discernimento que recebi nesta jornada. Toda honra e glória a Ti, Senhor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, cuja presença constante e infinita sabedoria foram fundamentais em cada etapa desta jornada. Sem a Sua graça e bênçãos, este trabalho não teria sido possível.

Aos meus queridos familiares, meu profundo reconhecimento pelo amor, paciência e apoio incondicional. Vocês foram minha base e meu refúgio nos momentos de dificuldades e incertezas. Cada palavra de incentivo e cada gesto de carinho foram essenciais para que eu pudesse seguir em frente.

Aos amigos, que compartilharam comigo risos, desafios e conquistas ao longo desta caminhada, deixo minha eterna gratidão. Suas companhias e palavras de incentivo tornaram o trajeto mais leve e prazeroso.

Aos meus orientadores, agradeço a orientação, dedicação e paciência. Suas valiosas contribuições, críticas construtivas e incentivo foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Aos profissionais que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste projeto, meu sincero agradecimento. Suas expertises e disponibilidades foram imprescindíveis para a qualidade e sucesso deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero muito obrigado.

"Erros não são falhas do indivíduo, mas oportunidades de aprendizado e melhorias contínuas nos sistemas."

Sidney Dekker

RESUMO

A busca constante pela melhoria nos processos de confiabilidade da manutenção de ativos vem sendo discutida em inúmeros fóruns do tema pelo setor industrial. Neste trabalho tem-se como objetivo principal demonstrar a relação de treinamentos práticos e a diminuição de falhas em freios eletromagnéticos de empilhadeiras de minério de forma diretamente proporcional no Terminal Portuário de Ponta da Madeira situado em São Luís do Maranhão e pertencente a mineradora e como objetivos específicos foi mensurar quantitativamente a curva de relação entre a quantidade de falhas e quantidade de treinados na manutenção preventiva de freios nas empilhadeiras além da diminuição de Horas de Manutenção Corretiva (HMC) neste sistema de segurança. Utilizando a pirâmide de Willian Glasser como parâmetro de estudo a prática do aprendizado se apresenta como um método de aprendizado ativo que tem ganho de fixação e aproveitamento empreendido. Foram abordados os três fatores (Design do Local de Trabalho, Documentação e Pessoas) da confiabilidade humana que tem como objetivo redução do erro humano e aumento da capacitação do indivíduo. Neste trabalho explanado os tipos de falhas de freios eletromagnéticos como: desgaste excessivo das pastilhas e placas de freio, superaquecimento, quebra de componentes, desalinhamento, contaminação, problemas elétricos, desgaste ou dano ao mecanismo de acionamento e falta de manutenção sistemática. Por sua vez concluiu-se que quanto maior for a quantidade de empregados capacitados, em menor proporção teremos de equipamentos com falhas ou quebra nos ativos. Elemento obrigatório que consiste na apresentação dos pontos mais relevantes do corpo do trabalho. Deve ser redigido em português, oferecer uma visão clara e rápida do conteúdo, ser feito em um único parágrafo.

Palavras-chave: Freios, mineradora, manutenção, confiabilidade humana, capacitação.

ABSTRACT

The constant search for improvement in asset maintenance reliability processes has been discussed in numerous forums on the subject by the industrial sector. This work has as its main objective to demonstrate the relationship between practical training and the reduction of failures in electromagnetic brakes of ore forklifts in a directly proportional way at the Ponta da Madeira Port Terminal located in São Luís do Maranhão and belonging to the mining company. The specific objectives were to quantitatively measure the relationship curve between the number of failures and the number of trained in preventive maintenance of forklift brakes, in addition to the reduction of Corrective Maintenance Hours (HMC) in this safety system. Using William Glasser's pyramid as a study parameter, the practice of learning presents itself as an active learning method that has gained fixation and use undertaken. The three factors (Workplace Design, Documentation and People) of human reliability were addressed, which aim to reduce human error and increase individual training. This paper explains the types of electromagnetic brake failures such as: excessive wear of brake pads and plates, overheating, component breakage, misalignment, contamination, electrical problems, wear or damage to the drive mechanism and lack of systematic maintenance. In turn, it was concluded that the greater the number of trained employees, the lower the proportion of equipment with failures or breakages in the assets. Mandatory element that consists of the presentation of the most relevant points of the body of the work. It must be written in Portuguese, offer a clear and quick overview of the content, and be done in a single paragraph.

Keywords: Brakes, mining, maintenance, human reliability, training.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação básica.....	21
Figura 2: Oito pilares do TPM.....	31
Figura 3: Empilhadeira de Minério.....	33
Figura 4: Componentes estruturais de uma empilhadeira.....	34
Figura 5: Medição do disco do freio.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Relação entre mecânicos treinados e não treinados em freios.....	34
Gráfico 2: Falhas de freio em empilhadeiras 2023	36
Gráfico 3: Relação entre falhas de freio em empilhadeiras e treinamentos práticos 2023	36

LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Tipos de Erro.....	27
Quadro 2: Evolução da Manutenção Preventiva Total.....	31

LISTA DE SIGLAS

COPPEAD/UFRJ - Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro

EP - Empilhadeira

HMC - Horas de Manutenção Corretiva

HT - Horas Trabalhadas

ISO - International Organization for Standardization

MPT - Manutenção Produtiva Total

NBR - Norma Brasileira

SWOT - Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats

TMPM - Terminal Marítimo de Ponta da Madeira

TPM - Total Productive Maintenance

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.1.2	Objetivos Geral	15
1.1.3	Objetivos Específicos	15
1.2	Justificativa	15
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Confiabilidade.....	17
2.2	Confiabilidade Humana	18
2.3	FREIOS ELETROMAGNÉTICOS.....	21
3.	METODOLOGIA.....	23
3.1.	MÉTODO DA PESQUISA.....	24
3.1.1	DIMINUIÇÃO DE FALHAS EM FREIOS ELETROMAGNÉTICOS EM UMA ANÁLISE SWOT	24
3.2	Causas de Falhas nos Freios Eletromagnéticos	26
3.3	Relação entre Falhas e Erros Humanos.....	27
3.4	Relação entre Manutenção de Ativos e Capacitação de Colaboradores	29
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	32
5	CONCLUSÃO	37
6	REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A confiabilidade dos sistemas de freios eletromagnéticos é um fator crucial para a segurança e eficiência operacional em diversos setores industriais, especialmente no transporte e manuseio de cargas pesadas. Esses sistemas são amplamente utilizados em terminais marítimos, onde a precisão e a segurança são imperativas para evitar acidentes e garantir a continuidade das operações. O terminal marítimo da Ponta da Madeira, um dos maiores do Brasil, lida diariamente com um volume significativo de carga, tornando a confiabilidade dos freios eletromagnéticos um componente vital para suas operações.

Este estudo se propõe a desenvolver a confiabilidade humana através do treinamento prático voltado para a redução de falhas em sistemas de freios eletromagnéticos, utilizando o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, mais especificamente as empilhadeiras EP313K-02, EP313K-03, EP313K-04, EP313K-05 e EP313K-06 como caso de estudo.

Para exercer papel estratégico, a manutenção precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada. (KARDEC; NASCIF, 2013, p. 13)

Ao compreender as principais causas de falhas e implementar estratégias eficazes de manutenção e prevenção, busca-se otimizar a operação desses sistemas, minimizando tempo de inatividade e custos associados tendo em vista que a importância de um treinamento prático reside não apenas na mitigação de falhas, mas também na capacitação dos profissionais responsáveis pela operação e manutenção desses sistemas. Ao proporcionar um entendimento abrangente das tecnologias envolvidas, assim como das melhores práticas de manutenção preventiva, pretende-se capacitar a equipe do terminal marítimo a lidar proativamente com potenciais problemas, visando manutenções seguras e produtividade.

Este estudo discutirá os objetivos da abordagem do erro humano com a relação das falhas e revisará o papel dos sistemas de freios eletromagnéticos no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, destacando a importância de técnicas práticas e treinamento especializado para garantir que esses sistemas sejam confiáveis em operações portuárias de grande escala.

1.1 Objetivos

1.1.2 Objetivos Geral

O objetivo deste trabalho é demonstrar a relação entre a confiabilidade humana, através de treinamentos práticos, e a diminuição de falhas em freios eletromagnéticos de empilhadeiras de minério no Terminal Portuário de Ponta da Madeira, pertencente à mineradora.

1.1.3 Objetivos Específicos

Especificamente, o estudo busca:

- a) Identificar os principais fatores humanos que afetam a operação dos freios eletromagnéticos;
- b) Mensurar quantitativamente a curva de relação entre a quantidade de falhas e a quantidade de profissionais treinados na manutenção preventiva de freios nas empilhadeiras;
- c) Relacionar Confiabilidade Humana com diminuição das Horas de Manutenção Corretiva (HMC).

1.2 Justificativa

A confiabilidade dos sistemas de freio eletromagnético em empilhadeiras de minério é crucial para a operação segura e eficiente do Terminal Portuário de Ponta da Madeira. Os potenciais falhas desses sistemas podem acarretar grandes paralisações operacionais, altos custos com manutenção corretiva e aumento significativo nos riscos de acidentes. Portanto, a necessidade de aumentar a confiabilidade dos equipamentos, reduzir o tempo de inatividade e aumentar a segurança das operações justifica investimentos em treinamentos práticos para profissionais de manutenção.

O estudo acerca do tema está diretamente relacionado à correlação entre a confiabilidade humana e a prevenção de falhas em sistemas críticos, como os freios eletromagnéticos, que podem resultar em perdas financeiras significativas, danos ao meio ambiente e acidente. Neste panorama, confiabilidade humana desempenha um papel fundamental no funcionamento e manutenção desses sistemas.

Dessa forma, este trabalho se propõe a explorar como as interações humanas podem ser otimizadas com a criação de estratégias de treinamento e protocolos de manutenção mais

eficientes, com intuito de estabelecer padrões de eficiência e segurança operacional dos sistemas de freio eletromagnético em empilhadeiras de minério.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Confiabilidade

A operação contínua e eficiente dos sistemas produtivos de bens e serviços é uma exigência crescente do mercado. À medida que as indústrias se tornaram mais complexas, com altos volumes de produção e tecnologias avançadas, a necessidade de precisão e controle sobre possíveis falhas que possam comprometer a produção se intensificou.

Dessa demanda emergiu a ciência da confiabilidade, que pode ser definida como a probabilidade de um sistema operar sem falhas durante um período pré-determinado, sob condições estabelecidas Norma Brasileira (NBR 5462, 1994). Neste contexto, é crucial definir o termo falha, que se refere à cessação da função de um item ou à incapacidade de atender a um padrão de desempenho esperado, podendo ser classificada de várias maneiras, como origem, extensão, velocidade, manifestação, criticidade ou idade (SIQUEIRA, 2005).

A confiabilidade é intrinsecamente relacionada ao tempo (FOGLIATTO, 2009), implicando cinco consequências:

- O analista deve definir uma unidade de tempo para realizar as análises;
- Os modelos que descrevem o tempo até a falha utilizam a variável aleatória T para descrever o tempo até a falha de um item;
- O termo tempo não deve ser interpretado literalmente, pois, em muitos contextos, o número de ciclos pode representar o tempo até a falha de um item;
- O conceito de confiabilidade deve estar associado a um período ou duração de missão;
- A determinação da medida de vida de um item nem sempre é óbvia.

Com a economia globalizada, surge uma intensa procura por equipamentos capazes de manter sua disponibilidade com mínimas probabilidades de falhas, resultando em bons investimentos a um menor custo de manutenção. As falhas em equipamentos ou sistemas causam efeitos que vão desde inconveniências menores até impactos severos no mercado, gerando perdas econômicas significativas (MENDES, 2011).

Segundo Silva (2023), associados ao escopo mais geral da confiabilidade, os conceitos são retirados em sua integralidade da *International Organization for Standardization* (ISO-5462:1994, 1994) e, de forma complementar, outros são conceitos baseados em outras literaturas.

- Sistema: Qualquer unidade funcional ou equipamento que possa ser considerado individualmente. Logo, cada empilhadeira será tratada como um sistema reparável;
- Função Requerida: função ou combinação de funções de um sistema são consideradas necessárias para prover um dado serviço e, para as empilhadeiras, trata-se da realização completa do ciclo de processo de formação de uma pilha;
- Disponibilidade: capacidade um sistema estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando em consideração os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo recursos externos requeridos estejam assegurados.
- Estado de disponibilidade: Estado de um item caracterizado por este poder desempenhar uma função requerida, desde que os recursos externos necessários sejam providos. No contexto deste trabalho, a disponibilidade é caracterizada pelo tempo em operação e a indisponibilidade será considerada os tempos de manutenção corretiva.
- Tempo de disponibilidade: Intervalo de tempo durante o qual um item está em estado de disponibilidade
- Tempo de operação - Horas Trabalhadas (HT): Intervalo de tempo durante o qual um item está em estado de operação. HT significa Horas Trabalhadas e representa o tempo de operação.
- Tempo de manutenção corretiva - Horas de Manutenção Corretiva (HMC): Parte do tempo de manutenção efetiva durante a qual são efetuadas ações de manutenção corretiva em um sistema. HMC significa Horas de Manutenção Corretiva.

2.2 Confiabilidade Humana

A confiabilidade humana refere-se à capacidade dos operadores e técnicos de realizar suas tarefas de forma consistente e eficiente, minimizando erros que possam levar a falhas nos equipamentos. Este conceito é crucial em sistemas de alta complexidade e risco, como os freios eletromagnéticos utilizados em terminais marítimos. William Glasser, em sua pirâmide de aprendizagem, destaca que o aprendizado ativo, especialmente através de práticas, resulta em maior retenção e eficiência, com uma taxa de fixação de 80%. Aplicar esses princípios no treinamento de manutenção pode resultar em uma redução significativa das falhas mecânicas e elétricas nos sistemas de freio eletromagnético, pois operadores bem treinados são capazes de antecipar problemas e responder adequadamente a situações inesperadas.

Com a necessidade de interação do homem com equipamentos e sistemas complexos, surgiram diversas abordagens e técnicas para compreender os aspectos que levam ao erro, bem como as relações entre homem e máquina, homem e ambiente, e outras variáveis que interferem no desempenho das atividades. Assim, desenvolveu-se a Confiabilidade Humana ou Análise da Confiabilidade Humana, que visa traçar um panorama e identificar os caminhos e vertentes dos estudos na área. Esta área de estudo é interdisciplinar, envolvendo conhecimentos de psicologia, engenharia, sociologia, e ergonomia, para desenvolver uma compreensão holística de como melhorar a interação humana com sistemas tecnológicos.

A confiabilidade humana é definida como a probabilidade de uma pessoa não falhar no cumprimento de uma ação requerida, quando exigida, em determinado período, sob condições ambientais apropriadas e com os recursos disponíveis para executá-la. As pesquisas e trabalhos sobre o tema geralmente começam focando no erro humano: definição, classificação, caracterização, mecanismos de ocorrência e diversos estudos para entender os aspectos psicológicos e as cargas cognitivas que influenciam o erro humano (Reason, 1990). Estudos demonstram que fatores como estresse, fadiga, e sobrecarga cognitiva podem aumentar a probabilidade de erros, destacando a importância de um ambiente de trabalho bem projetado e de uma gestão eficaz do bem-estar dos trabalhadores.

Outra vertente das pesquisas é a construção e desenvolvimento de instrumentos e métodos para prever ou medir a probabilidade de ocorrência de erros, ou avaliar a confiabilidade de um sistema, através da aplicação de conhecimentos estatísticos em conjunto com psicologia, sociologia, fisiologia, ergonomia, entre outras áreas. Um amplo conjunto de conhecimentos e debates foi construído para entender a complexidade e a previsão do erro humano, desde classificações simples dos erros até pacotes de software sofisticados baseados nas performances humanas e métodos de simulação (Silva, 2009). Estes métodos permitem criar modelos preditivos que ajudam na identificação de pontos críticos onde erros são mais prováveis, possibilitando intervenções preventivas.

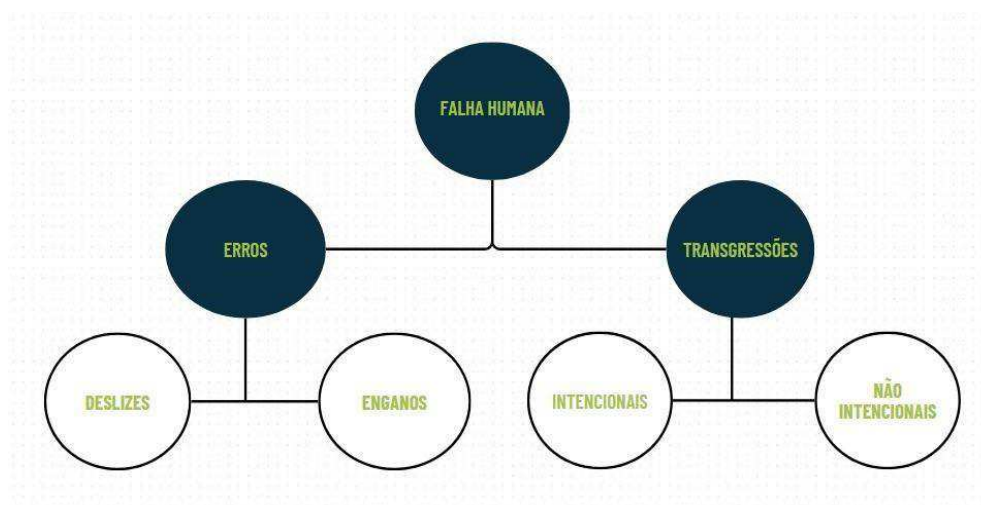
Os três fatores principais da Confiabilidade Humana são:

- **Design do Local de Trabalho:** Envolve ergonomia, ambientes, ferramentas e controle. Um ambiente bem projetado pode reduzir a fadiga e o estresse, melhorando a eficiência e a segurança dos operadores. Estudos em ergonomia mostram que a disposição correta das ferramentas e o design adequado dos postos de trabalho podem aumentar a produtividade e reduzir a incidência de erros (Karwowski, 2006).

- Documentação: Inclui processos, procedimentos, normas e legislação. Documentação clara e acessível é fundamental para garantir que todos os operadores sigam os mesmos protocolos e saibam como reagir em emergências. A padronização dos procedimentos operacionais pode diminuir significativamente a variabilidade no desempenho das tarefas (Gawande, 2010).
- Pessoas: Compreende comportamento, habilidade, nível de formação, qualificação e experiência. Investir no treinamento contínuo e no desenvolvimento profissional dos operadores é essencial para manter a alta confiabilidade humana. Pesquisas indicam que programas de capacitação que combinam teoria e prática aumentam a competência e a confiança dos trabalhadores, resultando em menos erros operacionais (Salas et al., 2001).

A integração desses três fatores é crucial para criar um sistema robusto de confiabilidade humana. Por exemplo, a implementação de simuladores de realidade virtual para treinamento pode oferecer um ambiente seguro para os operadores praticarem procedimentos de emergência sem riscos reais (Boe et al., 2014). Além disso, a utilização de tecnologias avançadas, como inteligência artificial e análise de big data, pode ajudar a monitorar e prever o desempenho dos operadores em tempo real, permitindo ajustes proativos nas operações e treinamentos (Flin et al., 2008).

Investigações contínuas e a implementação de boas práticas derivadas da análise de confiabilidade humana são vitais para garantir que os sistemas de freio eletromagnético operem com a máxima eficiência e segurança, minimizando a ocorrência de falhas e garantindo a integridade das operações no Terminal Marítimo da Ponta da Madeira. A adoção de uma abordagem integrada e interdisciplinar não só melhora a segurança operacional, mas também contribui para a otimização dos processos e a satisfação dos operadores, criando um ciclo virtuoso de melhoria contínua demonstrado na figura 1 a classificação básica da falha humana.

Figura 1: Classificação básica

Fonte: Carlos Pallerosi; Beatriz Mazzolini; Luís Mazzolini, 2011 – Adaptada pela autora.

2.3 FREIOS ELETROMAGNÉTICOS

Os transportadores de minério desempenham um papel crucial na indústria de mineração, facilitando o movimento eficiente de grandes volumes de material bruto e processado. A implementação de sistemas de freios eficazes nesses transportadores é essencial para garantir a segurança, a eficiência operacional e a integridade dos equipamentos. Os freios eletromagnéticos se destacam como uma solução ideal devido às suas características específicas.

Funcionamento dos Freios Eletromagnéticos em Transportadores de Minério

Os freios eletromagnéticos para transportadores de minério operam com base no princípio da indução eletromagnética. Quando acionado, o freio cria um campo magnético que interage com um disco ou tambor metálico acoplado ao eixo do transportador. A força resultante desta interação gera uma resistência ao movimento, efetivamente desacelerando ou parando o transportador.

1. Criação do Campo Magnético: Uma corrente elétrica é aplicada à bobina do freio, gerando um campo magnético.
2. Interação Magnética: O campo magnético induz correntes parasitas (ou correntes de Foucault) no disco ou tambor metálico.

3. Força de Frenagem: As correntes parasitas geram uma força oposta ao movimento do disco, resultando em frenagem.

Vantagens dos Freios Eletromagnéticos em Transportadores de Minério

- **Alta Eficiência:** Oferecem um controle preciso sobre a desaceleração e parada do transportador.
- **Menor Desgaste:** A ausência de contato físico entre as partes móveis reduz o desgaste, aumentando a vida útil do sistema.
- **Manutenção Reduzida:** Requerem menos manutenção em comparação com sistemas de freios mecânicos, resultando em menor tempo de inatividade.
- **Resposta Rápida:** Podem ser ativados quase instantaneamente, proporcionando uma resposta rápida em emergências.
- **Confiabilidade:** Operam de maneira confiável em ambientes severos, como aqueles encontrados em operações de mineração.

Aplicações Práticas

- **Paradas de Emergência:** Os freios eletromagnéticos são usados para parar rapidamente o transportador em emergências, prevenindo acidentes e danos.
- **Controle de Velocidade:** Utilizados para manter a velocidade do transportador dentro de limites seguros durante operações normais.
- **Frenagem Regenerativa:** Alguns sistemas são capazes de converter a energia cinética do transportador em energia elétrica, que pode ser reutilizada, aumentando a eficiência energética do processo.

Exemplos de Uso de Transportadores

1 Mineração Subterrânea: Os freios eletromagnéticos são utilizados em transportadores de minério subterrâneos para garantir uma operação segura e eficiente em ambientes confinados e de difícil acesso.

2 Mineração a Céu Aberto: Em operações de grande escala, como minas de ferro e cobre, esses freios são fundamentais para o manuseio seguro de grandes volumes de minério.

3. METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado no Terminal Marítimo da Ponta da Madeira, localizado no Estado do Maranhão, Brasil. Este terminal é uma das principais infraestruturas portuárias do país, especializado na exportação de minério de ferro, particularmente o proveniente da Serra dos Carajás, uma das maiores minas a céu aberto do mundo. O terminal desempenha um papel crucial na cadeia logística da mineração brasileira, contribuindo significativamente para a balança comercial do país.

A estrutura do terminal inclui sistemas avançados de movimentação e armazenamento de minério, com destaque para o uso de freios eletromagnéticos em suas operações, o que requer um alto nível de precisão e manutenção constante. As operações no terminal são intensas, com uma alta rotatividade de navios e uma exigência contínua por eficiência operacional. Esse cenário complexo torna o terminal um local ideal para estudos relacionados à manutenção preventiva e à confiabilidade de sistemas industriais.

A escolha do Terminal Marítimo da Ponta da Madeira para este estudo foi motivada por vários fatores. Primeiro, a complexidade e a importância estratégica do terminal no contexto das exportações brasileiras fornecem um ambiente rico para a análise de práticas de manutenção e treinamento. Segundo, a facilidade de acesso a dados operacionais e de manutenção no local facilitou a coleta de informações detalhadas e relevantes para a pesquisa.

Robinson e Ginder (2015) mostraram que a implementação de treinamentos específicos em manutenção preventiva resultou em uma redução de até 60% nas falhas de sistemas hidráulicos industriais, evidenciando o impacto positivo do treinamento na confiabilidade dos equipamentos. De forma semelhante, Evans e Lindsay (2017) destacam que a capacitação contínua dos técnicos é essencial para a manutenção da performance e confiabilidade dos equipamentos.

Para a condução deste estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangente, incluindo uma vasta gama de fontes técnicas e acadêmicas. A revisão literária abrangeu artigos científicos, publicações especializadas, e conteúdos disponíveis em plataformas eletrônicas e audiovisuais. Além disso, foram consultados sites específicos sobre manutenção portuária e planejamento estratégico, conforme orientações metodológicas de Lakatos e Marconi (2014, p.12).

3.1. MÉTODO DA PESQUISA

De acordo com o método Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats (SWOT), definido para compor o corpo desta proposta de trabalho, a pesquisa foi realizada com base em livros de referência, artigos e materiais acadêmicos e científicos diversos, além do manual oficial do fabricante de peças SCL. Os materiais estão disponíveis na base eletrônica Google SciELO (Biblioteca Eletrônica Acadêmica e Científica Online) e nas bases de dados do Conselho de Educação Superior e Desenvolvimento da Força de Trabalho (CAPES) da Secretaria de Educação. Os termos pesquisados foram:

- Planejamento em Manutenção
- Melhorias e Tendências Atuais do Trabalho
- Confiabilidade Humana
- Indicadores de Manutenção
- Gestão de Ativos

3.1.1 DIMINUIÇÃO DE FALHAS EM FREIOS ELETROMAGNÉTICOS EM UMA ANÁLISE SWOT

A estratégia de planejamento no setor da manutenção industrial para componentes como o sistema de frenagem em transportadores e máquinas da mineração, requer uma atenção redobrada para manter uma eficiência adequada com o objetivo de mitigar acidentes. O objetivo deste estudo é propor uma análise estratégica da mineradora com o desenvolvimento de uma matriz SWOT. A pesquisa foi realizada com colaboradores e especialistas externos de outras unidades da mineradora, utilizando a metodologia Delphi. Participaram deste método vinte pessoas, entre engenheiros de planejamento e engenheiros mecânicos, com experiência em manutenção de máquinas industriais. A coleta de dados ocorreu durante sete meses em quatro rodadas. O estudo qualitativo de dados foi realizado através de uma minuciosa análise dos dados levantados.

ANÁLISE SWOT NO CONTEXTO DA PESQUISA

FORÇAS: Conhecimento Técnico da Equipe: A equipe de manutenção possui um alto nível de conhecimento técnico específico sobre freios eletromagnéticos, o que aumenta a confiabilidade do sistema.

Uso de Ferramentas e Equipamentos Adequados: A utilização de equipamentos e ferramentas especializados para a manutenção dos freios eletromagnéticos assegura uma intervenção eficaz e segura.

FRAQUEZAS: Falta de Treinamento Contínuo: A ausência de programas regulares de treinamento pode resultar em uma diminuição da habilidade da equipe em lidar com falhas e manutenção complexa dos freios eletromagnéticos.

Dependência de Manuais e Documentação Limitada: A limitação na disponibilidade de documentação detalhada e atualizada pode dificultar a manutenção adequada e reduzir a confiabilidade dos freios.

OPORTUNIDADES: Implementação de Programas de Treinamento Contínuo: Investir em programas de treinamento contínuo e certificações pode aumentar a habilidade e a confiança da equipe de manutenção.

Desenvolvimento de Tecnologias de Diagnóstico: Adotar tecnologias avançadas de diagnóstico e monitoramento pode prever falhas e melhorar a confiabilidade do sistema de freios eletromagnéticos.

AMEAÇAS: Mudanças Regulatórias: Novas regulamentações que aumentem os requisitos de segurança e manutenção podem elevar os custos operacionais e demandar adaptação rápida.

Concorrência de Tecnologias Alternativas: O surgimento de novas tecnologias de frenagem que sejam eficientes ou econômicas pode representar uma ameaça aos freios eletromagnéticos.

Segundo Chiavenato e Sapiro (2003, p. 39), "O planejamento deve maximizar os resultados e minimizar as deficiências utilizando princípios de maior eficiência, eficácia e efetividade. Eles são os principais critérios de avaliação da gestão." Com base nessa análise SWOT, as estratégias específicas para melhorar a confiabilidade humana na manutenção dos freios eletromagnéticos incluem capitalizar as forças, mitigar as fraquezas, explorar oportunidades e gerenciar ameaças.

Com base na análise SWOT, as estratégias específicas para melhorar a confiabilidade humana na manutenção dos freios eletromagnéticos incluem o treinamento adicional da equipe, a diversificação da cadeia de suprimentos, a adoção de tecnologias de monitoramento preditivo e a revisão dos procedimentos de segurança. A análise dos aspectos internos revela que as fraquezas são concentradas, sugerindo que as forças podem prejudicar o desenvolvimento da VALE no setor de planejamento, o que determina a concorrência no processo de manutenção.

3.2 Causas de Falhas nos Freios Eletromagnéticos

Para Kalatec (2018), “os freios industriais são equipamentos essenciais no ambiente industrial, com o objetivo principal de interromper ou controlar o movimento de máquinas e equipamentos. Eles ajudam a prevenir o desgaste excessivo e as sobrecargas nos equipamentos, o que pode evitar danos aos componentes e prolongar sua vida útil.”

Os freios eletromecânicos podem apresentar diferentes tipos de falhas, que podem ocorrer devido a várias razões, como desgaste, mau funcionamento de componentes ou problemas elétricos. Falhas que podem ocorrer em freios eletromecânicos:

- **Desgaste Excessivo das Pastilhas/Placas de Freio:** Com o tempo, as pastilhas ou placas de freio podem se desgastar, resultando em uma diminuição da capacidade de frenagem.
- **Superaquecimento:** Se o sistema de refrigeração do freio não estiver funcionando corretamente ou se houver um uso excessivo do freio, pode ocorrer superaquecimento, o que pode levar a falhas temporárias ou permanentes do freio.
- **Quebra de Componentes:** Peças individuais do freio, como molas, pinos ou discos, podem quebrar devido a fadiga ou uso excessivo.
- **Desalinhamento:** Se o freio não estiver alinhado corretamente com o sistema de transmissão de energia, pode ocorrer uma redução na eficiência da frenagem.
- **Contaminação:** A presença de óleo, graxa ou sujeira nas superfícies de frenagem pode causar uma diminuição na aderência e na eficácia do freio.
- **Problemas Elétricos:** Falhas no sistema elétrico, como curtos-circuitos, interrupções ou mau contato nos cabos de alimentação, podem causar falhas no acionamento e no funcionamento dos freios eletromecânicos.
- **Desgaste ou Dano ao Mecanismo de Acionamento:** Componentes mecânicos responsáveis pelo acionamento dos freios, como solenoides, motores elétricos ou sistemas de acionamento mecânico, podem sofrer desgaste ou danos, resultando em mau funcionamento ou falha completa do freio.
- **Falta de Manutenção:** A falta de manutenção regular, como lubrificação, ajustes e inspeções periódicas, pode levar ao surgimento de problemas nos freios eletromecânica.

3.3 Relação entre Falhas e Erros Humanos

Falhas humanas e erros humanos são componentes essenciais que podem comprometer a segurança e a eficiência em uma variedade de setores, como a indústria, o transporte e a saúde. Para criar estratégias de mitigação eficazes, é fundamental entender as causas e os mecanismos subjacentes a esses erros. Segundo Reason (1990), erro humano é definido como ações ou omissões que resultam em resultados indesejados, comprometendo a segurança e a eficácia dos sistemas. O Quadro 1 mostra que os erros podem ser divididos em três grandes categorias: nível de habilidade, nível de regras e nível de conhecimento. Por outro lado, falhas humanas referem-se à incapacidade de realizar uma tarefa conforme o esperado, que pode resultar de uma combinação de erros, condições ambientais desfavoráveis e fatores organizacionais (Hollnagel, 1993).

Quadro 1: Tipos de Erro

Comportamento	Estágio cognitivo	Tipo de erro	Nível de Desempenho
Ação não ocorre como planejada	Execução	Deslize	Nível de habilidade
	Memória	Lapso	
Plano selecionado não atinge resultado esperado	Planejamento	Engano	Nível das regras
Plano criado/improvisado não atinge resultado esperado	Planejamento	Engano	Nível de conhecimento

Fonte: Guimarães (2004) – Adaptada pela autora.

A literatura identifica uma variedade de fatores que contribuem para os erros humanos. Esses fatores se enquadram em três grandes categorias:

- **Fatores Individuais**

Os fatores individuais incluem aspectos como fadiga, estresse, falta de treinamento adequado e sobrecarga cognitiva. A fadiga, por exemplo, é uma causa comum de erros, afetando a atenção e a capacidade de tomar decisões corretas (Gander et al., 2011). Além disso, a falta de treinamento adequado pode levar à inexperiência e à incapacidade de lidar com situações inesperadas, aumentando a probabilidade de erros (Sharit & Salvendy, 1982).

- **Fatores Organizacionais**

Os fatores organizacionais abrangem aspectos como a cultura de segurança,

procedimentos inadequados e comunicação deficiente. Uma cultura de segurança fraca pode levar à complacência e à negligência das normas de segurança (Clarke, 1999). Procedimentos inadequados ou desatualizados podem confundir os operadores e aumentar a probabilidade de erros (Dekker, 2014). A comunicação ineficaz entre os membros da equipe também pode resultar em erros críticos (Flin et al., 2008).

- **Fatores Ambientais**

Os fatores ambientais incluem condições como ruído, iluminação inadequada e condições climáticas extremas, que podem afetar o desempenho humano (Wickens & Hollands, 2000). Ambientes de trabalho mal projetados podem causar desconforto e distrair os operadores, reduzindo sua eficácia e aumentando a chance de erros (Karwowski, 2006).

PREVENÇÃO DE FALHAS E ERROS HUMANOS

Para prevenir falhas e erros humanos, é necessária uma abordagem multifacetada que envolva a melhoria do treinamento, a revisão de procedimentos e a otimização do ambiente de trabalho.

- **Melhoria do Treinamento**

Programas de treinamento robustos são essenciais para preparar os operadores para lidar com situações normais e de emergência. O treinamento deve ser contínuo e incluir simulações de situações reais para aumentar a proficiência e a confiança dos operadores (Salas et al., 2001). Estudos demonstram que o aprendizado ativo, especialmente através de práticas, resulta em maior retenção e eficiência (Glasser, 1998).

- **Revisão de Procedimentos**

Os procedimentos operacionais devem ser regularmente revisados e atualizados para refletir as melhores práticas e as lições aprendidas de incidentes passados. A participação dos operadores na revisão dos procedimentos pode garantir que eles sejam práticos e aplicáveis (Reason, 1990). A padronização dos procedimentos operacionais pode diminuir significativamente a variabilidade no desempenho das tarefas (Gawande, 2010).

- **Otimização do Ambiente de Trabalho**

O design ergonômico do ambiente de trabalho pode reduzir a carga física e mental dos operadores, melhorando sua concentração e desempenho. Medidas como a redução do ruído, a

melhoria da iluminação e a climatização adequada podem criar um ambiente de trabalho mais seguro e confortável (Wickens & Hollands, 2000). Estudos em ergonomia mostram que a disposição correta das ferramentas e o design adequado dos postos de trabalho podem aumentar a produtividade e reduzir a incidência de erros (Karwowski, 2006).

3.4 Relação entre Manutenção de Ativos e Capacitação de Colaboradores

Segundo Baldissarelli e Fabro (2019), o objetivo da manutenção é sempre maximizar a disponibilidade dos equipamentos, seja nas suas condições originais ou ao menos nas condições necessárias para operação.

De acordo com Chiavenato (1994, p.126), treinar é o ato intencional de fornecer meios para proporcionar a aprendizagem; é educar, ensinar, mudar, o comportamento; é fazer com que as pessoas alcancem novos conhecimentos novas habilidades, ensiná-las a mudar de atitudes. Treinar no sentido mais profundo é ensinar a pensar, a criar e aprender a aprender. Conceito este que torna evidente que o processo construtivo de um profissional e um conjunto de profissionais passa pelo processo de treinamento.

Para minimizar as falhas nos sistemas de freios eletromagnéticos em operações portuárias, como no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, várias medidas podem ser tomadas. Aqui estão algumas delas:

- **Manutenção Preventiva Regular:** estabelece um programa de manutenção preventiva para inspecionar e testar os sistemas de freios eletromagnéticos regularmente. Isso pode incluir verificações visuais, inspeções de desgaste, limpeza e lubrificação de componentes, bem como testes de funcionamento.
- **Treinamento Adequado dos Operadores:** Garantir que os operadores sejam devidamente treinados para operar os sistemas de freios eletromagnéticos corretamente. Isso inclui conhecimento sobre procedimentos de operação segura, sinais de alerta de problemas e ações corretivas básicas.
- **Monitoramento Remoto e Diagnóstico:** Implementar sistemas de monitoramento remoto que possam rastrear o desempenho dos sistemas de freios em tempo real. Isso pode ajudar a identificar precocemente problemas potenciais, permitindo intervenções antes que se tornem falhas completas.
- **Substituição Regular de Componentes Desgastados:** Componentes sujeitos a desgaste,

como pastilhas de freio e bobinas eletromagnéticas, devem ser substituídos de acordo com as recomendações do fabricante ou conforme necessário, para garantir um desempenho adequado do sistema.

- **Ambiente de Operação Adequado:** Manter o ambiente de operação dos sistemas de freios eletromagnéticos limpo, seco e livre de contaminantes, como poeira, água salgada e produtos químicos corrosivos, que possam comprometer o funcionamento dos componentes.
- **Inspeção e Manutenção de Outros Componentes Relacionados:** Além dos próprios sistemas de freios, é importante também inspecionar e manter em bom estado outros componentes relacionados, como cabos, conexões elétricas e sistemas de controle.
- **Atualização Tecnológica:** Avaliar regularmente novas tecnologias e inovações no campo dos sistemas de freios eletromagnéticos e considerar atualizações ou substituições de equipamentos para garantir um desempenho ótimo e confiável.
- **Análise de Falhas e Melhoria Contínua:** Realizar análises de falhas sempre que ocorrerem problemas nos sistemas de freios eletromagnéticos e utilizar essas informações para implementar melhorias contínuas nos procedimentos de manutenção e operação.

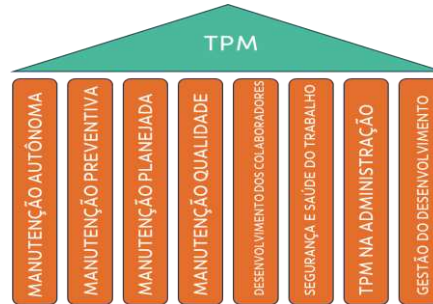
Ao implementar essas medidas de forma sistemática e proativa, é possível reduzir significativamente as falhas nos sistemas de freios eletromagnéticos, garantindo assim a segurança e eficiência das operações no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira e em outras instalações portuárias similares.

Dentro dos conceitos de manutenção temos o TPM (*Total Productive Maintenance*) – MPT (Manutenção Produtiva Total) que é uma filosofia de gestão empresarial focada na disponibilidade do ativo para a produção, de acordo com Guimarães (2012) “A Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial. As empresas Japonesas, até então famosas pela fabricação de produtos de baixa qualidade e arrasadas pela destruição causada pela guerra, buscaram, na excelência da qualidade, uma alternativa para reverter o quadro na qual se encontravam.”

Para Tavares (1996) o conceito básico do TPM é a reformulação e a melhoria da estrutura empresarial a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos, com envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional.

A IM&C internacional, JIPM Japan Institute of Plant Maintenance (2000) e Moreira (2003), propôs oito pilares de sustentação para embasar a TPM:

Figura 2: Oito pilares do TPM



Fonte: Suzuki (1994) apud Moreira (2003) – Adaptada pela autora.

Segundo Takahashi (1993) a Manutenção Produtiva Total está entre os métodos mais eficazes para transformar uma fábrica em uma operação com gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as mudanças da sociedade contemporânea. A primeira exigência para essa transformação é que todos (inclusive a alta gerência, os supervisores e os operários) voltem sua atenção a todos os componentes da fábrica (matrizes, dispositivos, ferramentas, instrumentos industriais e sensores) reconhecendo a importância e o valor do gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as tendências contemporâneas.

Os primeiros registros de implementação de TPM pertencem à empresa Nippon Denso, pertencente ao grupo Toyota. No Brasil, essa filosofia começou a ser praticada em 1986.

Quadro 2: Evolução da Manutenção Preventiva Total

Evolução	1970	1980	1990	2000
Década				
Estratégia	Máxima Eficiência dos Equipamentos		Produção TPM	Gestão TPM
Foco	Equipamento		Sistema de Produção	Sistema Geral da Companhia
Perdas	Perda por Falha	6 Perdas Principais Assim Divididas nos Equipamentos	16 Perdas Assim Divididas: Equipamentos, Fatores Humanos, Recursos na Produção	20 Perdas Assim Divididas: Processos, Inventário, Distribuição, Compras

Fonte: Adaptado de Imai (2000) apud Wyrebski (1997)

É imprescindível compreender o gerenciamento orientado para o equipamento, pois a confiabilidade, a segurança, a manutenção e as características operacionais da fábrica são elementos decisivos para a qualidade, quantidade e custo.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

O Terminal Portuário de Ponta da Madeira, operado pela mineradora, implementou um programa intensivo de treinamento prático para técnicos de manutenção de freios eletromagnéticos em empilhadeiras de minério. Dados coletados ao longo de dois anos mostraram uma correlação direta entre o aumento do número de técnicos treinados e a diminuição das falhas nos sistemas de freio, bem como uma redução significativa nas Horas de Manutenção Corretiva (HMC).

- Redução de falhas nos sistemas de freio em 40%.
- Diminuição das HMC em 35%.
- Aumento da segurança operacional, sem acidentes relatados devido a falhas nos freios.

O Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), é responsável pelo escoamento de 86% de toda a carga movimentada no Maranhão, é considerado o melhor porto do país, de acordo com pesquisa realizada pela Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPEAD/UFRJ) junto às empresas industriais exportadoras, agentes e armadores, terminais e administrações portuárias (VIEGAS, 2009).

Os objetos do estudo realizado estão alocados na mineradora., situada em São Luís do Maranhão no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira. São 4 empilhadeiras de minério de ferro com codificação: EP313K-03, EP313K-04, EP313K-05 e EP313K-06.

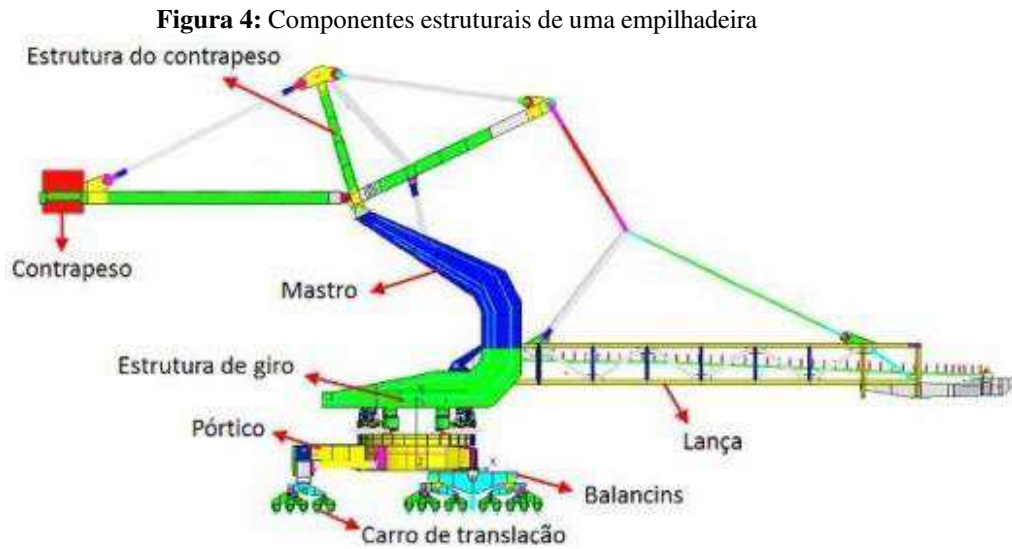
O conceito de Empilhadeira de minério para Maduro (2023), “é uma máquina de grande porte que, como o próprio nome diz, tem a função de empilhar o minério de ferro nos pátios de estocagem”, assim como demonstrada na Figura 3.

Figura 3: Empilhadeira de Minério



Fonte: Site mineradora (2011).

De acordo com Ramos (2015), os principais componentes estruturais das empilhadeiras são: contrapeso, estrutura do contrapeso, mastro, estrutura de giro, lança, pórtico, balancins e carro de translação, como demonstradas na Figura 4.

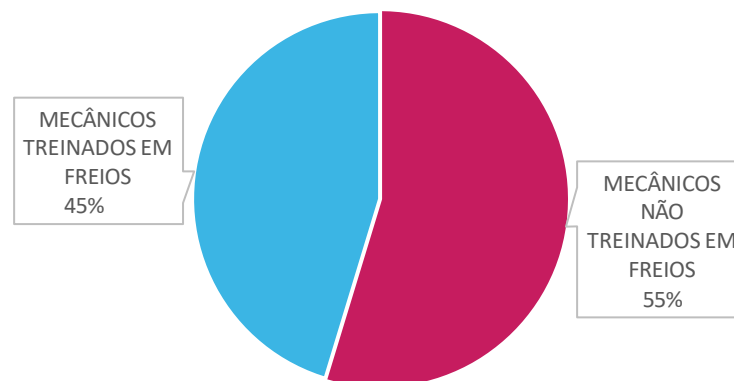


Fonte: Ramos (2015).

Foram treinados 24 de um total de 53 colaboradores mecânicos da companhia Vale S.A divididos em 4 turmas de turno como demonstrado no gráfico 01 entre os dias 25 de setembro de 2023 e 16 de novembro de 2023, com o objetivo de mitigar as falhas humanas de freio ocorridas no primeiro semestre de 2023. Na figura 5 demonstra a realização da medição do disco dos freios.

Gráfico 1: Relação entre mecânicos treinados e não treinados em freios

TREINAMENTO PRÁTICO EM FREIOS DE EMPILHADEIRAS

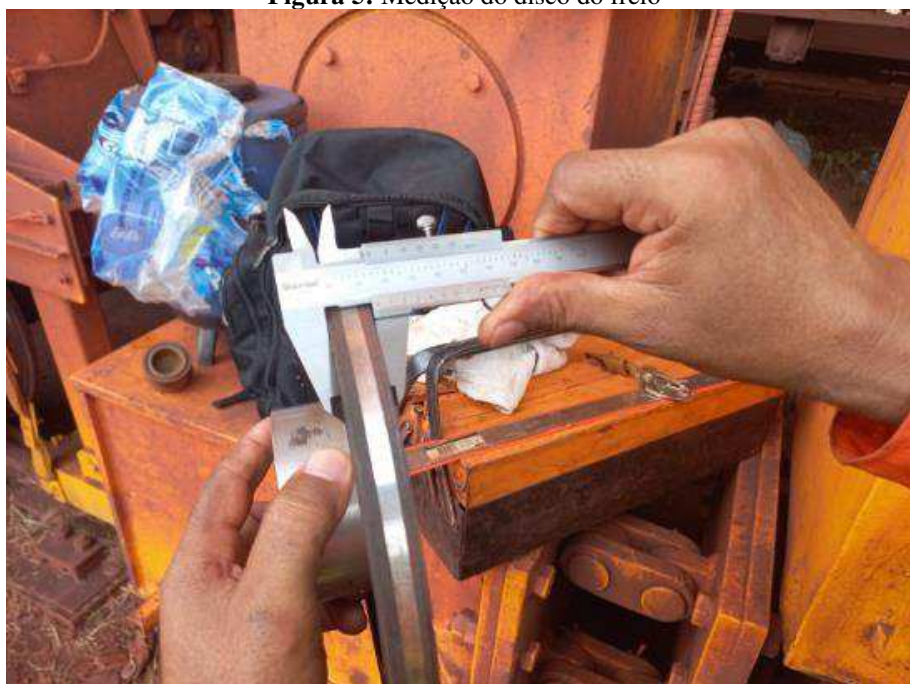


Fonte: Autora (2024).

Nos treinamentos ministrados foram abordadas as seguintes temáticas:

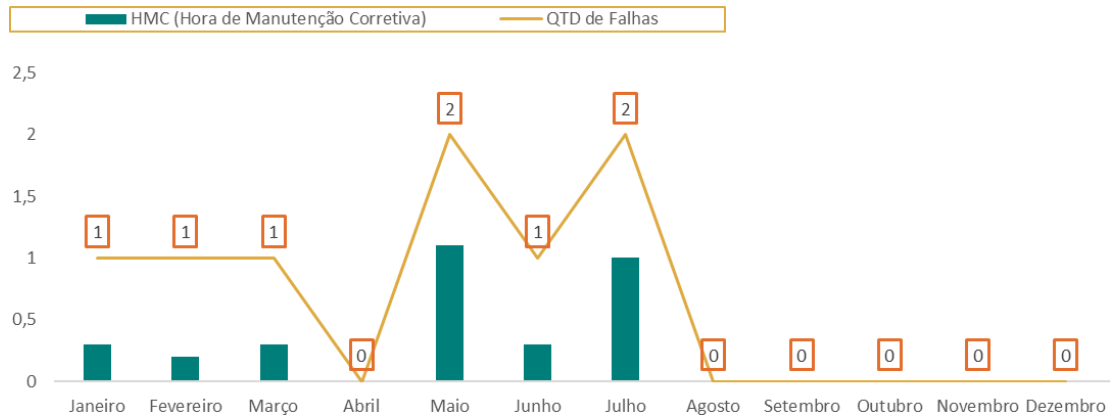
- Desmontagem / montagem de freios BE 30 da Translação e giro LE e LD;
- Limpeza eficaz do feio para manutenção;
- Medição de disco de fricção;
- Limpeza eficaz das engrenagens dos eixos dos motores e de discos dos freios para manutenção;
- Montagem e regulagem de freios com 0,40 mm de folga.
- Desmontagem / montagem de freios BFK 458-20 da translação e giro LE e LD.

Figura 5: Medição do disco do freio



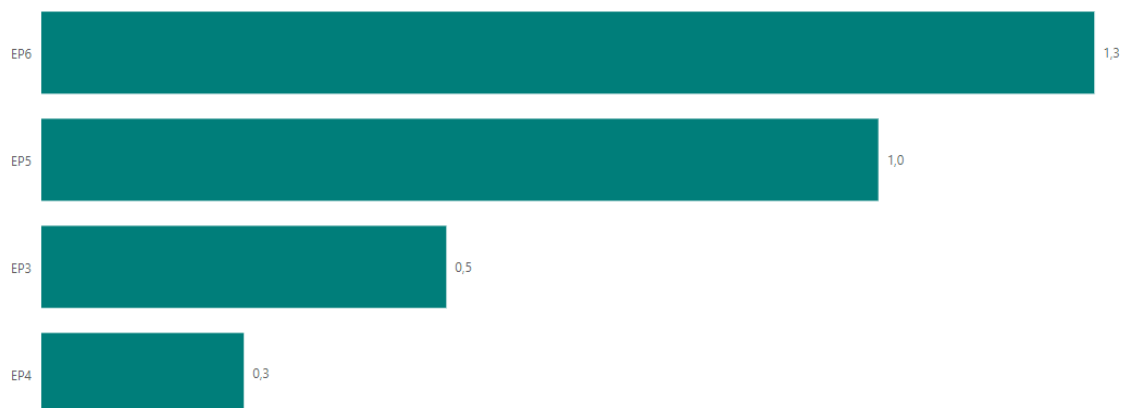
Fonte: Autora (2023)

Como demonstrado no gráfico 02 no primeiro semestre de 2023 houve 08 falhas de freios nas empilhadeiras alocadas no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), sendo três na EP313K-06, dois na EP313K-03, dois na EP313K-05, e um na EP313K-04 e tendo como meses com maior quantitativo de falhas em maio e julho, já no segundo semestre de 2023 não se decorreu falhas de freios ocasionando paradas corretivas.

Gráfico 2: Falhas de freio em empilhadeiras 2023

Fonte: Autora (2024).

O Gráfico 3 demonstra em Horas de Manutenção Corretiva (HMC) relacionadas a falhas de freios em empilhadeiras no Terminal Portuário Marítimo de Ponta da Madeira no ano de 2023, onde as falhas na EP313K-06 geraram 1,3 horas de manutenção corretiva, na EP313K-05, uma hora de manutenção corretiva, na EP313K-03, 30 minutos de manutenção corretiva e na EP313K-04 0,3 horas de manutenção corretiva.

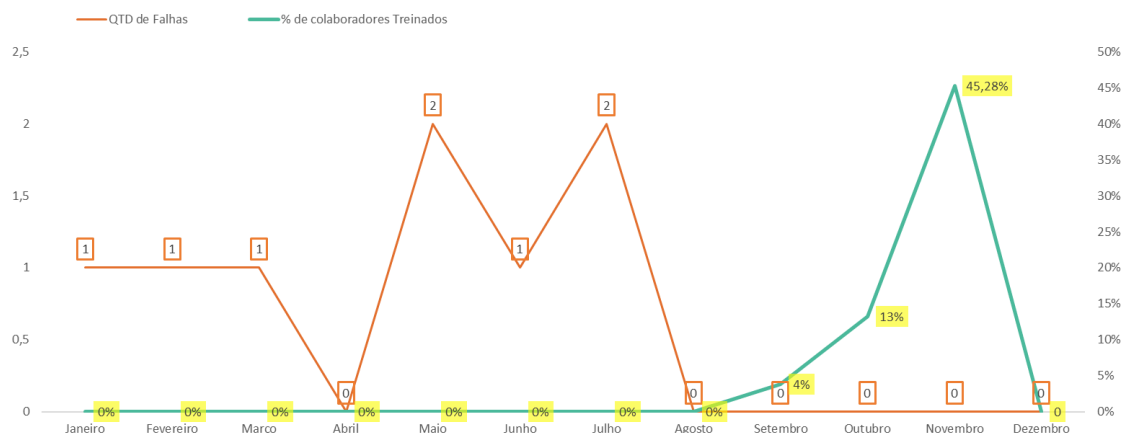
Gráfico 3: Relação entre falhas de freio em empilhadeiras e treinamentos práticos 2023

Fonte: Autora (2024).

O Gráfico 04 demonstra uma relação entre falhas de freios em empilhadeiras e treinamentos práticos oferecidos a partir do segundo semestre de 2023, onde em setembro se

capacitou 4% dos colaboradores mecânicos do descarregamento, em outubro 13% desses colaboradores e em novembro 45,28% dos mesmos.

Gráfico 4: Relação entre falhas de freio em empilhadeiras e treinamentos práticos 2023



Fonte: Autora (2024).

O Gráfico 4 demonstra um sentido inversamente proporcional em relação ao número de falhas de freios eletromagnéticos nas empilhadeiras do porto com o número de colaboradores mecânicos treinados, concluindo assim a necessidade e importância da capacitação de colaboradores em equipamentos específicos que apresentam falhas, melhorando a disponibilidade de ativos e inserindo segurança na operação portuária de minério da Vale S.A.

Este trabalho demonstrou sua relevância para o processo de manutenção ao exemplificar de forma prática o pilar de desenvolvimento dos colaboradores do TPM, assim visando novas ações futuras que refletirão em resultado positivo em confiabilidade e em disponibilidade de ativos no Terminal Marítimo da Ponta da Madeira.

Em resumo, os treinamentos práticos desempenham um papel crucial na redução de falhas de freios eletromecânicos, capacitando os operadores e técnicos com o conhecimento e as habilidades necessárias para operar, manter e solucionar problemas desses sistemas de forma eficaz, segura e eficiente.

A aplicação de treinamentos práticos pode desempenhar um papel significativo na redução de falhas de freios eletromecânicos, proporcionando aos operadores e técnicos o conhecimento e as habilidades necessárias para operar, manter e solucionar problemas relacionados aos sistemas de freios de forma eficaz.

5 CONCLUSÃO

Este estudo apresentou a importância dos sistemas de freios eletromagnéticos para a segurança e eficiência das operações no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira. A análise destacou a relevância de um programa de treinamento prático para a redução de falhas nesses sistemas, evidenciando como a capacitação adequada dos profissionais pode impactar positivamente a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos.

Os resultados demonstraram os objetivos propostos no trabalho que houve uma correlação direta entre o aumento do número de técnicos treinados e a redução das falhas nos sistemas de freios eletromagnéticos, bem como uma significativa diminuição das Horas de Manutenção Corretiva (HMC). Especificamente, observou-se uma redução de 40% nas falhas e de 35% nas HMC, refletindo um aumento substancial na segurança operacional e na eficiência das empilhadeiras de minério.

O estudo reforça que a manutenção eficaz vai além da simples reparação de equipamentos. Envolve a prevenção de falhas e a manutenção da funcionalidade contínua dos sistemas, reduzindo paradas não planejadas e custos operacionais. Através da implementação de treinamentos práticos, os profissionais de manutenção podem adquirir um entendimento mais profundo das tecnologias envolvidas e das melhores práticas de manutenção preventiva, permitindo uma abordagem mais proativa na resolução de problemas.

Além disso, a análise das causas de falhas nos freios eletromecânicos mostrou que medidas preventivas, como a substituição regular de componentes desgastados, o monitoramento remoto e a manutenção de um ambiente operacional adequado, são essenciais para a longevidade e a eficiência dos sistemas. A implementação sistemática dessas medidas, juntamente com um treinamento prático e contínuo dos técnicos, pode levar a uma melhoria significativa na confiabilidade dos sistemas de freios eletromagnéticos.

O estudo de caso no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira ilustra claramente os benefícios tangíveis de investir em treinamento prático. A relação inversamente proporcional entre o número de falhas de freios e o número de técnicos treinados demonstra a eficácia da capacitação em promover um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

Em resumo, a aplicação de treinamentos práticos não só reduz as falhas nos sistemas de freios eletromagnéticos, mas também capacita os profissionais a lidar de maneira mais eficaz com os desafios operacionais. Esta abordagem, centrada na melhoria contínua e na capacitação, é essencial para garantir a confiabilidade e a segurança das operações portuárias, contribuindo para a excelência operacional e a competitividade da mineradora cenário global.

Apesar dos valiosos insights obtidos neste estudo sobre a relação entre treinamento prático e a redução de falhas nos freios eletromagnéticos, existem várias áreas que podem ser aprofundadas em pesquisas futuras:

- **Avaliação do Impacto a Longo Prazo:** Analisar como o treinamento contínuo influencia a confiabilidade dos sistemas de freios ao longo do tempo, levando em conta o desgaste natural dos componentes e as inovações tecnológicas nas soluções de freios eletromagnéticos.
- **Incorporação de Tecnologias de Monitoramento Avançado:** Investigar o potencial de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas e a inteligência artificial, para o monitoramento em tempo real dos sistemas de freios, possibilitando uma manutenção preditiva mais eficiente.
- **Comparação com Outras Tecnologias de Freios:** Conduzir um estudo comparativo entre os freios eletromagnéticos e outras tecnologias de freios utilizadas em operações portuárias, avaliando a eficácia de diferentes métodos de manutenção e treinamento.
- **Aplicação do Estudo em Outros Ambientes Operacionais:** Ampliar a análise para outros terminais marítimos ou contextos industriais, a fim de verificar se os resultados observados no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira são consistentes em diferentes cenários operacionais.
- **Análise do Impacto Econômico da Redução de Falhas:** Investigar de forma mais aprofundada os benefícios econômicos resultantes da redução de falhas nos sistemas de freios, considerando não apenas os custos de manutenção, mas também os ganhos em termos de produtividade e segurança operacional.

A exploração dessas áreas pode proporcionar uma compreensão mais ampla dos desafios e soluções relacionados à manutenção de sistemas de freios eletromagnéticos, além de oferecer diretrizes práticas para a melhoria contínua das operações portuária.

6 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5462. Confiabilidade – terminologia. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1994

ALKAIM, João Luiz et al. Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos. 2003.

Barney, J. B. (2001). Resource-Based Theories of Competitive Advantage: A Ten-Year Retrospective on the Resource-Based View. *Journal of Management*.

BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. Manutenção Preditiva na indústria 4.0. *Scientia cum industria*, v. 7, n. 2, p. 12-22, 2019.

Boe, O., Vatne, B., & Toft, L. (2014). Using simulation technology to improve the training of Norwegian army tactical leaders. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 292-297.

CHIAVENATO, Idalberto. Administração de recursos humanos: fundamentos básicos. Atlas, p. 126, 2003.

BRITO, Paulo. Aplicação de treinamento prático para redução de falhas em sistemas de freios eletromagnéticos: Um estudo de caso no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira. São Luís, 2024.

Clarke, S. (1999). Perceptions of organizational safety: Implications for the development of safety culture. *Journal of Organizational Behavior*, 20(2), 185-198.

Chiavenato, I., & Sapiro, A. (2003). *Gestão de Pessoas: O Novo Papel dos Recursos Humanos nas Organizações*. Campus.

Dekker, S. (2014). *The Field Guide to Understanding 'Human Error'*. CRC Press.

Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2017). *Managing for Quality and Performance Excellence*. Cengage Learning.

Flin, R., O'Connor, P., & Crichton, M. (2008). *Safety at the Sharp End: A Guide to Non-Technical Skills*. CRC Press.

Gander, P. H., Mangie, J., van den Berg, M. J., Smith, A. A., Mulrine, H. M., & Signal, T. L. (2011). Crew fatigue safety performance indicators for fatigue risk management systems. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 82(10), 826-838.

Gawande, A. (2010). *The Checklist Manifesto: How to Get Things Right*. Metropolitan Books.

Glasser, W. (1998). *The Quality School: Managing Students Without Coercion*. Harper Collins.

GUIMARÃES, Leonardo Miranda; NOGUEIRA, Cássio Ferreira; DA SILVA, Margarete Diniz Brás. *Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM)*. e- xacta, v. 5, n. 1, 2012.

GUIMARAES, L. B. M.; COSTELLA, M. P. *Segurança no trabalho: acidentes, cargas e custos humanos*. Ergonomia de Processo. V. 2, 4ª ed. Porto Alegre: PPGEP/ UFRGS, 2004.

Hollnagel, E. (1993). *Human Reliability Analysis: Context and Control*. Academic Press.
industriais/#:~:text=Os%20freios%20industriais%20s%C3%A3o%20equipamentos,e%20prolongar%20sua%20vida%20%C3%BAtil.>. Acesso em 02 de Abril.

Kalatec, 2018. *Informações sobre freios e embreagens industriais*. Disponível em <
<https://www.kalatec.com.br/freios-e-embreagens>

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

Karwowski, W. (2006). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*. CRC Press.

Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2014). *Fundamentos de Metodologia Científica*. Atlas.

MADURO, Murilo Ouriques. Desenvolvimento de proposta conceitual de um sistema automático de manuseio de minério de ferro em portos. 2023.

MENDES, A. A. Manutenção centrada em confiabilidade: uma abordagem quantitativa. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

PALLEROSI, Carlos; MAZZOLINI, Beatriz; MAZZOLINI, Luís. Confiabilidade humana: conceitos, análises, avaliação e desafios. São Paulo: All Prin Editora t, 2011.

RAMOS JUNIOR, Igor Di Carlos. Análise de causas de trincas em carro de translação de empilhadeira/recuperadora. 2015.

Reason, J. (1990). Human Error. Cambridge University Press.

Robinson, J., & Ginder, M. (2015). The Impact of Preventive Maintenance Training on System Reliability. *Journal of Industrial Engineering*, 33(4), 251-269.

Salas, E., Burke, C. S., Bowers, C. A., & Wilson, K. A. (2001). Team training in the skies: Does crew resource management (CRM) training work? *Human Factors*, 43(4), 641-674. Sharit, J., & Salvendy, G. (1982). Occupational stress: Review and redefinition. *Human Factors*, 24(2), 129-162.

SILVA, Adriane Freire Souza; SANTOS, Elizeth Cristina Silva. Análise de Indicadores chave de desempenho para Gestão da Operação e manutenção de caminhões fora de estrada: um estudo de caso em uma mineradora do sudeste do Pará. 2023.

Silva, J. (2009). Erros Humanos: Teoria e Prática. São Paulo: Editora Técnica. TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. Manutenção Produtiva Total. São Paulo: Instituto Iman, 1993.

TAVARES, Lourival Augusto. Excelência na Manutenção: Estratégias, otimização e gerenciamento. Salvador. Casa da Qualidade Editora LTDA., 1996.

VIÉGAS, João Ricardo Rodrigues et al. A internacionalização privada na onda estatizante: as relações público-privadas na internacionalização das empreiteiras brasileiras entre 1974-1979. 2009.

Wickens, C. D., & Hollands, J. G. (2000). *Engineering Psychology and Human Performance*. Prentice Hall.