

**FACULDADE DE TECNOLOGIA ASSESSORITEC
DEPARTAMENTO DE CURSOS SUPERIORES
TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE**

RENATO CAVALARO

**MODIFICAÇÃO DE PROJETO DE DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO E
ESTUDO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA**

JOINVILLE

2025

RENATO CAVALARO

**MODIFICAÇÃO DE PROJETO DE DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO E
ESTUDO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado aos cursos de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial e Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia Assessoritec, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadora: Prof. Me. Mariana Peixoto

JOINVILLE

2025

RENATO CAVALARO

**MODIFICAÇÃO DE PROJETO DE DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO E
ESTUDO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado aos cursos de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial e de Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia Assessoritec, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo.

Joinville, 20 de janeiro de 2025.

Prof. Me. Mariana Peixoto (Orientadora)

Prof. Me. Anelise Fraga de Jesus

Prof. Dr. Marcel Tadashi Izumi

RESUMO

A manutenção desempenha um papel fundamental na indústria, contribuindo para a produtividade e rentabilidade das operações. Este estudo se concentra na exploração de diferentes modelos de manutenção, com destaque para os métodos corretivo, preventivo e preditivo. Além disso, são abordados ensaios não destrutivos, como ultrassom, líquido penetrante e partículas magnéticas, que desempenham um papel crucial na detecção de falhas em materiais e equipamentos. O trabalho se concentra em um dispositivo de içamento e analisa seu histórico de quebras, propondo melhorias em seu *design* e a implementação de um plano de manutenção preventiva. Compreender essas estratégias e técnicas é de suma importância para otimizar a eficiência da indústria e garantir a segurança dos equipamentos. Este estudo fornece uma visão abrangente das práticas de manutenção e das ferramentas de detecção de falhas, demonstrando a importância de adotar abordagens proativas para garantir o desempenho confiável dos equipamentos e a redução de custos operacionais. Além disso, destaca a necessidade contínua de inovação e aprimoramento no *design* e manutenção de dispositivos industriais para atender aos padrões de segurança e eficiência exigidos pela indústria moderna.

Palavras-chave: Manutenção preditiva. Manutenção industrial. Dispositivos de içamento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	7
2.2 MODELO DE MANUTENÇÃO	8
2.2.1 Manutenção corretiva	8
2.2.2 Manutenção preventiva	9
2.2.3 Métodos de manutenção preditiva em materiais	9
2.3 MODELOS DE ENSAIOS PARA DETECÇÃO DE FALHAS	10
2.3.1 Ensaio de ultrassom	10
2.3.2 Ensaio de líquido penetrante	12
2.3.3 Ensaio de partículas magnéticas	14
2.3.4 Curva PF (Ponto de Falha)	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 OBJETO DE ESTUDO	16
3.2 HISTÓRICO DE QUEBRA	17
3.3 OBJETO DE ESTUDO	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1 MELHORIA PROPOSTA	18
4.2 MELHORIA NO CONUNTO DA TRAVA	20
4.3 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	21
5. CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A indústria moderna é caracterizada por sua constante busca por eficiência, produtividade e rentabilidade. Em um cenário em constante evolução, a manutenção de equipamentos desempenha um papel fundamental na garantia do funcionamento contínuo de máquinas e dispositivos que são essenciais para as operações industriais. Em particular, dispositivos de içamento desempenham um papel crítico em uma variedade de aplicações, desde montagem de componentes até movimentação de cargas pesadas. A quebra ou falha de tais dispositivos pode resultar em atrasos na produção, perda de eficiência e, o que é ainda mais importante, colocar em risco a segurança dos trabalhadores e do ambiente de trabalho.

Para abordar essas preocupações e atender às demandas da indústria moderna, as ferramentas da qualidade e os sistemas de manutenção têm evoluído e se diversificado. Tradicionalmente, a qualidade e a manutenção corretiva, que envolve a intervenção após a ocorrência de falhas, era amplamente empregada.

Manutenções preventiva envolvem a realização de inspeções e reparos programados com base em intervalos de tempo ou critérios específicos, com o objetivo de evitar a ocorrência de falhas. Essa abordagem é mais planejada e sistemática do que a manutenção corretiva, e visa reduzir o risco de paradas não programadas e manter a produtividade em níveis aceitáveis. No entanto, a manutenção preventiva ainda pode resultar em inspeções e reparos desnecessários, aumentando os custos operacionais.

Por outro lado, a manutenção preditiva é uma abordagem mais avançada que se baseia na coleta e análise de dados em tempo real para prever quando um equipamento pode falhar e programar intervenções de manutenção com base nessas previsões. Essa abordagem visa minimizar o tempo de inatividade não programado e otimizar o uso de recursos de manutenção, tornando-a uma opção atraente para a indústria moderna.

Neste contexto, este trabalho se concentra na utilização da ferramenta da qualidade Diagrama de Ishikawa mais conhecida como espinha de peixe para definir as causas raízes dos problemas e na implantação de um sistema de manutenção preditiva em dispositivos de içamento. Este estudo analisa os modelos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva, explorando suas vantagens e desvantagens. Além disso, discutiremos ensaios não destrutivos, como ultrassom, líquido penetrante e

partículas magnéticas, que desempenham um papel crucial na detecção de falhas em materiais e equipamentos.

Mais especificamente, foi utilizado a ferramenta da qualidade Diagrama de Ishikawa para analisarmos os modos de falha de um dispositivo de içamento e seu histórico de quebras. Propõe-se melhorias no design deste dispositivo, visando eliminar as quebras recorrentes, e implementaremos um plano de manutenção preventiva baseado em dados preditivos. Entender essas estratégias e técnicas é de suma importância para otimizar a eficiência da indústria e garantir a segurança dos equipamentos e trabalhadores.

Em última análise, este estudo oferece uma visão do uso da ferramenta da qualidade o Diagrama de Ishikawa, práticas de manutenção e das ferramentas de detecção de falhas, demonstrando a importância de adotar estratégias contínuas para garantir o desempenho confiável dos equipamentos e a redução de custos operacionais. Além disso, destaca a necessidade contínua de inovação e aprimoramento no design e manutenção de dispositivos industriais para atender aos padrões de segurança e eficiência exigidos pela indústria moderna.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, serão abordados aspectos importantes relacionados ao embasamento teórico do trabalho, apresentando as ferramentas da qualidade e modelos de manutenção, regulamentações que orientam planos de manutenção e características do dispositivo em estudo.

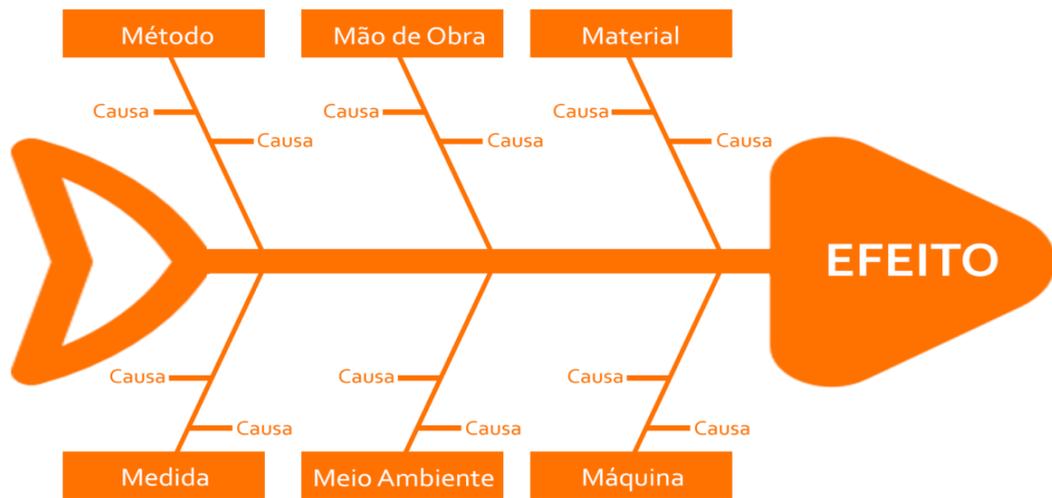
2.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O Diagrama de Ishikawa foi criado pelo engenheiro químico japonês Kaoru Ishikawa, em 1943. O objetivo era desenvolver um método padronizado para ajudar a resolver problemas de produtividade em empresas. Ishikawa é considerado uma das maiores mentes da gestão de qualidade no Japão. O Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta visual que ajuda a identificar as causas de um problema e a identificar suas raízes.

A sua estrutura lembra o esqueleto de um peixe, onde a espinha representa as causas e a cabeça indica o problema central e é dividido em método, medida, máquina, meio ambiente, material e mão de obra.

No método, é preciso elencar todas as causas em potencial para o desenvolvimento e análise do projeto. Na medida, são verificados os resultados do início ao fim. Em máquina, é dada atenção ao equipamento e a todas as ferramentas utilizadas pela equipe no processo. Em meio ambiente a ideia é verificar o entorno da produção, analisando o que poderia afetar o resultado. No caso de material, são analisados os insumos utilizados diretamente no projeto. E por fim, em mão de obra, se observa o posicionamento da equipe, o desenvolvimento das pessoas relacionadas ao projeto e como estão alocadas. Um exemplo do diagrama é exposto na Figura 1.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa



Fonte: SOARES (2024).

2.2 MODELO DE MANUTENÇÃO

A crescente demanda de produção, presente em diversas áreas da indústria, torna essencial o emprego de técnicas visando aprimorar a produtividade e rentabilidade das empresas (OTANI; MACHADO, 2008). A gestão eficiente dos planos de manutenção é de vital importância para alcançar os resultados desejados em termos de produtividade e rentabilidade em grandes indústrias (OTANI; MACHADO, 2008).

De acordo com dados da Associação Brasileira de Manutenção publicados em 2009, cerca de 4,14 % do PIB brasileiro é investido em manutenção pelas indústrias. Basicamente, existem três tipos de manutenção: corretiva (planejada ou não planejada), preventiva e preditiva.

2.2.1 Manutenção corretiva

A NBR 5462 define a manutenção corretiva como a manutenção realizada após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restaurar um item para condições adequadas de funcionamento (ALMEIDA, 2000).

Geralmente, a manutenção corretiva implica em paradas não planejadas de máquinas e produção. Muitas empresas optam por esse modelo de manutenção devido aos custos, preferindo esperar até que uma peça falhe para substituí-la. Embora algumas indústrias considerem isso como uma falha planejada, os custos

operacionais podem ser impactados, incluindo tempo extra de trabalho e tempo de inatividade da máquina, afetando várias linhas de produção (ALMEIDA, 2000).

Seguindo o modelo de manutenção corretiva, o custo de reparo tende a ser até três vezes maior do que quando se emprega manutenção preventiva ou preditiva (ALMEIDA, 2000). No entanto, os custos devem ser avaliados dentro dos planos de manutenção para uma tomada de decisão mais eficaz.

2.2.2 Manutenção preventiva

A NBR 5462 define a manutenção preventiva como a manutenção realizada em intervalos predefinidos ou de acordo com critérios estabelecidos, visando reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um item. A manutenção preventiva planejada visa evitar a quebra ou desgaste do equipamento antes que ocorram, sendo realizada em intervalos de tempo predefinidos para evitar paradas na produção, o que não prejudica a rentabilidade da indústria (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Esse modelo de manutenção envolve a monitoração contínua de equipamentos usando técnicas como ultrassonografia, inspeção visual, termográfica e análise de vibração. A manutenção preditiva pode ser altamente eficaz na melhoria da produtividade de uma empresa, pois prevê e reduz paradas de emergência, intervindo nos momentos apropriados com base em dados (OTANI; MACHADO, 2008).

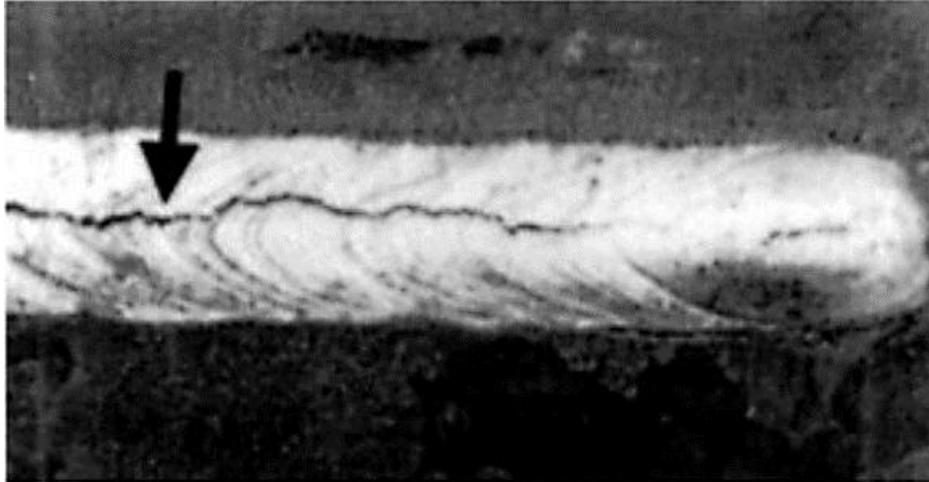
2.2.3 Métodos de manutenção preditiva em materiais

Para analisar possíveis falhas em materiais, existem vários tipos de ensaios preditivos, incluindo ultrassom, líquido penetrante e análise de microtrincas por partículas magnéticas. Esses ensaios não destrutivos são utilizados para identificar trincas, falhas estruturais em materiais e inclusões de materiais em soldas que podem levar a falhas catastróficas, sem danificar o material, permitindo que ele seja reutilizado após os testes.

As falhas são classificadas em dois tipos: descontinuidades, que são imperfeições ou falhas que não comprometem o desempenho funcional do material e geralmente ocorrem durante a fundição; e defeitos, que são falhas que afetam o uso

do material, como vazamentos ou quebras que afetam a integridade do material. Na Figura 2 é ilustrada uma falha causada por trinca.

Figura 2. Falha causada por trinca.



Fonte: INFOSOLDA (2013).

2.3 MODELOS DE ENSAIOS PARA DETECÇÃO DE FALHAS

2.3.1 Ensaio de ultrassom

O ensaio de ultrassom baseia-se no uso de ondas sonoras para detectar falhas. As ondas de vibração são propagadas em materiais em frequências de 20 Hz (infrassom) a 20 kHz. A velocidade de propagação das ondas sonoras varia de acordo com o material, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Velocidade de propagação do som em vários materiais.

Material	Velocidade (m/s)	
	Onda longitudinal	Onda transversal
Alumínio	6300	3100
Chumbo	2160	700
Aço	5900	3250
Ferro Fundido	3500 a 5600	2200 a 3200
Latão	3830	2050
Vidro	5570	3520
Acrílico	2730	1430

Fonte: Telecurso 2000

Para realizar o ensaio de ultrassom, são usados transdutores que emitem

ondas em frequências de 0,5 MHz a 25 MHz. Os transdutores convertem pressão mecânica em elétrica e vice-versa, sendo fabricados com cristais piezoelétricos. Existem vários tipos de transdutores, incluindo transdutores retos, angulares e duplo-cristais, bem como aqueles com dezenas de pequenos cristais ligados a circuitos independentes.

O princípio de funcionamento do ultrassom envolve a emissão de ondas sonoras por um transdutor. O tempo é calculado desde o início da emissão da onda até o retorno da onda, gerando um sinal que é processado e exibido na tela do aparelho. A posição do eco está relacionada ao caminho percorrido pelo som até a descontinuidade na peça.

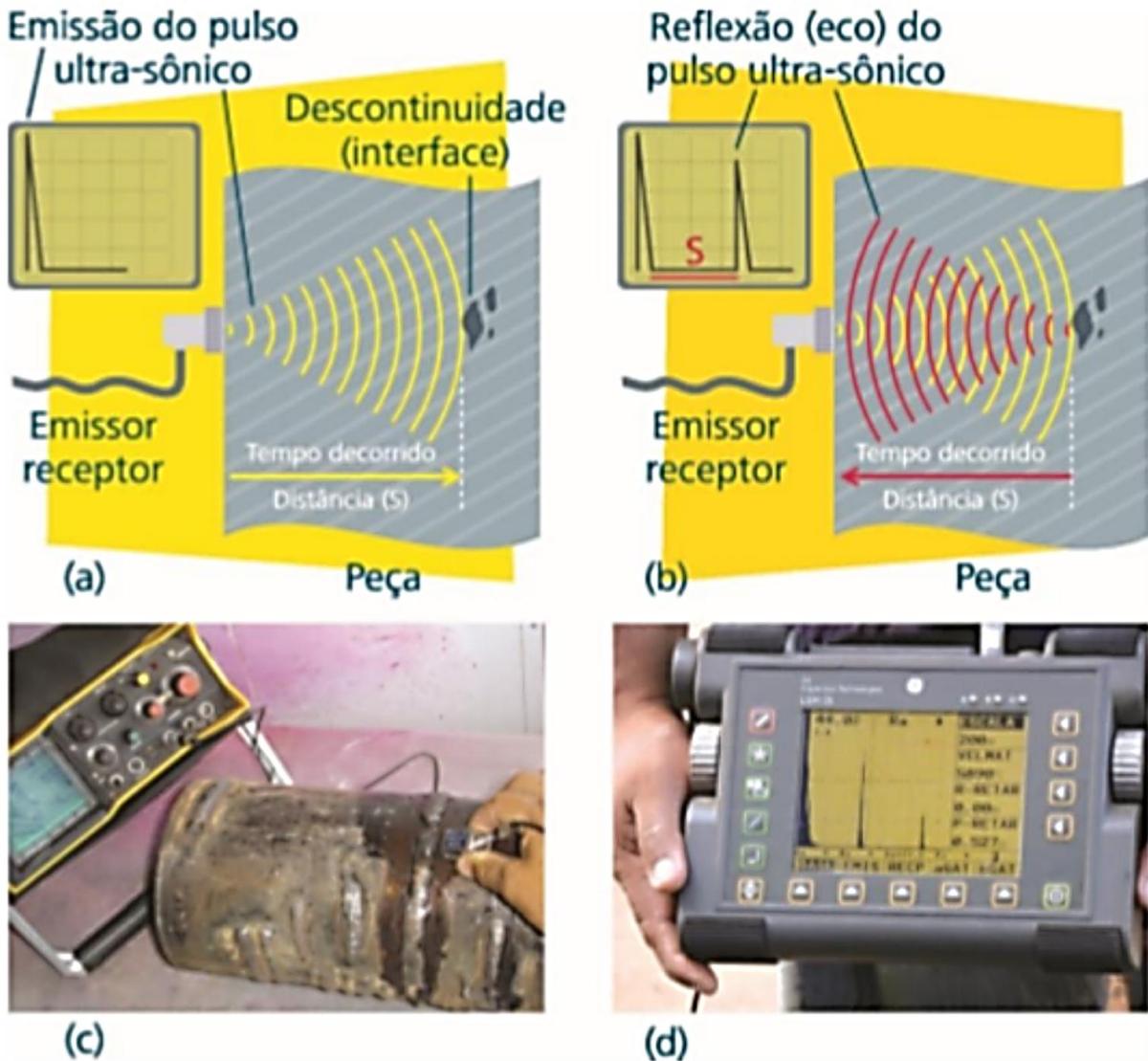
Segundo Zolin (2010), a detecção de falhas por meio de ultrassom permite a utilização de três técnicas: pulso-eco, transparência e imersão. A técnica de pulso-eco utiliza um único transdutor acoplado a um dos lados do material e é capaz de verificar a dimensão, a localização e a profundidade da descontinuidade na peça. A técnica de transparência envolve dois transdutores, um que emite e outro que recebe o sinal sonoro, sendo indicada para peças de menor dimensão com acesso pelos dois lados. A técnica de imersão utiliza um transdutor à prova d'água para que a peça seja submersa, permitindo um acoplamento completo e variações de distância e direção do feixe de som.

A eficiência do ultrassom depende da conexão perfeita entre o transdutor e a peça, evitando a presença de ar que interfira na impedância acústica. Para isso, são utilizados líquidos acoplantes que minimizam esse efeito. A escolha do líquido acoplante depende da rugosidade, tipo e condições técnicas da peça.

A vantagem do ultrassom é a detecção de imperfeições no interior da peça, dispensando a revelação de filme, pois os dados são exibidos na tela do aparelho. No entanto, a desvantagem inclui a necessidade de treinamento específico para interpretação e análise dos resultados.

Na Figura 3, é apresentada a utilização do método. Na Figura 3 (a) é mostrado o pulso ultrassônico percorrendo o material até a falha. Na Figura 3 (b) é demonstrado o pulso ultrassônico invertido informando o tamanho da falha. Já na Figura 3 (c) é mostrada a forma de utilização do aparelho de ultrassom. E na Figura 3 (d) é apresentado o gráfico com os resultados do teste.

Figura 3. Funcionamento de um sistema de ultrassom para detecção de falhas em materiais. (a) emissão do pulso do ultrassom; (b) eco gerado pelo reflexo da onda na descontinuidade; (c) inspeção da peça por meio de ultrassom; (d) detalhe gráfico formado pela emissão de eco no ultrassom.



Fonte: Zolin (2010)

2.3.2 Ensaio de líquido penetrante

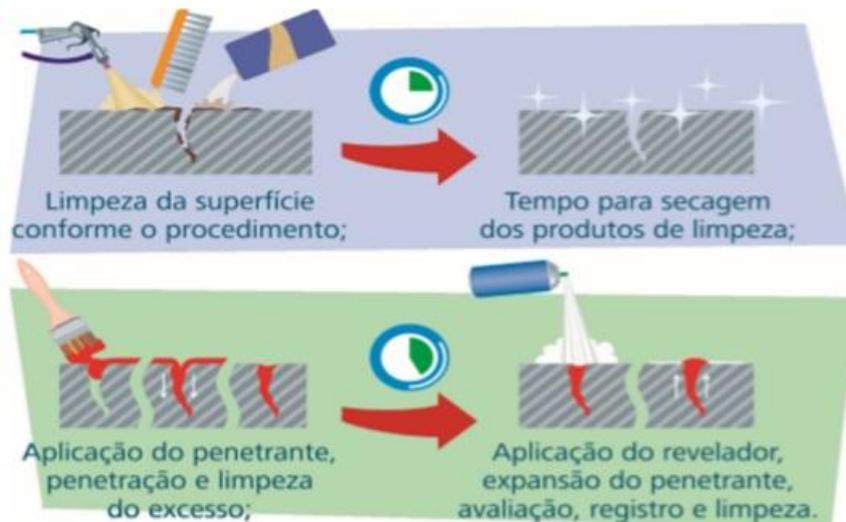
O ensaio de líquido penetrante é uma técnica que se originou na indústria ferroviária, quando a inspeção visual não era eficaz na detecção de falhas. Inicialmente, o método envolvia a imersão da peça em óleo e sua subsequente aplicação de uma mistura de giz e álcool, que deixava marcas nas fissuras. Com o crescimento da indústria aeronáutica, novas técnicas foram desenvolvidas para materiais não ferrosos, evitando o uso de partículas magnéticas.

Para realizar o ensaio de líquido penetrante, o material deve ser

cuidadosamente limpo e uma camada de líquido penetrante é aplicada, seguida pela remoção do excesso de líquido. Na etapa seguinte, é aplicado o revelador para destacar as fissuras no material.

A vantagem do ensaio por líquido penetrante inclui a simplicidade de interpretação de resultados, custos reduzidos, capacidade de detectar fissuras superficiais e não superficiais com até 0,001 mm de tamanho, e a ausência de limitações no tamanho da peça. No entanto, sua desvantagem está relacionada à capacidade de revelar apenas fissuras superficiais e à dificuldade de lidar com peças que possuam geometrias complexas ou superfícies porosas. As etapas do método de ensaio estão ilustradas na Figura 4.

Figura 4. Etapas do processo de aplicação do líquido penetrante.



Fonte: Zolin (2010).

A técnica requer tempos mínimos de penetração e revelação, dependendo do tipo de material a ser testado. Isso ajuda a garantir a confiabilidade dos resultados. A Tabela 2 indica o tempo para cada tipo de material a ser testado.

Tabela 2. Tempos mínimos de penetração e revelação recomendados.

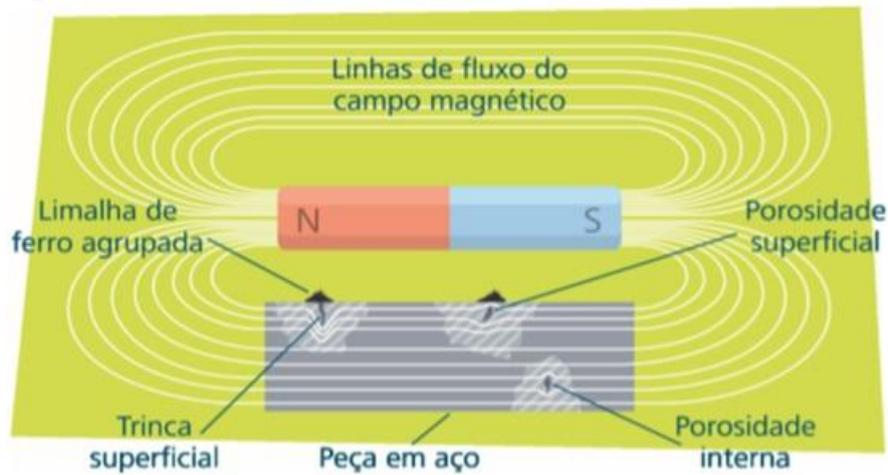
Material	Forma	Tipo de descontinuidade	Tempo de espera (minutos)	
			Penetrante	Revelador
Alumínio, magnésio, aço, bronze, titânio, altas ligas	Fundidos e soldados	Porosidade, trincas (todas as formas), falta de fusão e gota fria	5	10
Plásticos	Todas as formas	Trincas	5	10
Vidros	Todas as formas	Trincas	5	10
Cerâmicas	Todas as formas	Trincas e porosidade	5	10
Acrílico	2730	1430		

Fonte: Andreucci (2008).

2.3.3 Ensaio de partículas magnéticas

O ensaio de partículas magnéticas envolve a observação do campo magnético em materiais ferrosos para identificar características do material e a possibilidade de falhas. O campo magnético é representado pelas linhas de fluxo que se estendem de um polo a outro, conforme mostrado na Figura 5.

Figura 5. Linhas de fluxo no material.



Fonte: Zolin (2010).

O ensaio de partículas magnéticas é capaz de revelar descontinuidades superficiais e subsuperficiais de até 3 mm de profundidade. Quando ocorre uma falha, um campo de fuga é gerado e as partículas de ferro são atraídas para a região da falha.

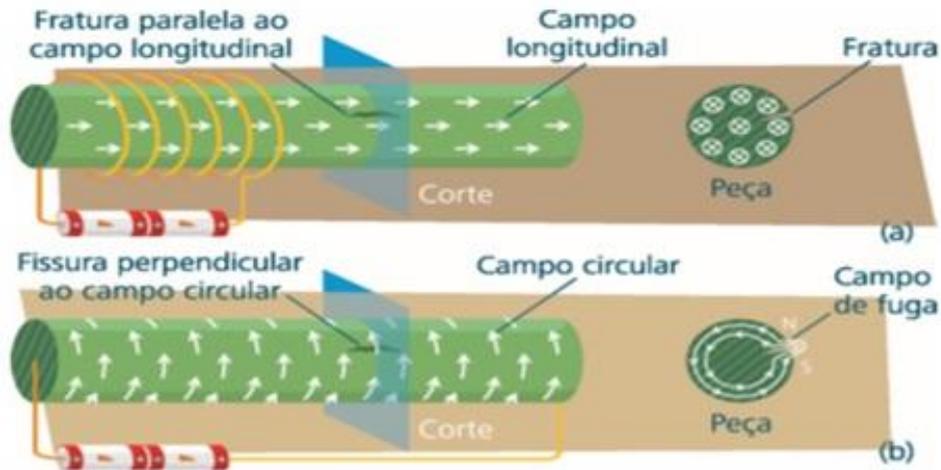
Materiais com facilidade de magnetização são os mais adequados para o ensaio por partículas magnéticas, e a intensidade do campo magnético influencia na eficácia dos testes. O aço carbono, por exemplo, possui um campo magnético forte, seguido pelo aço ferramenta, ferro fundido cinzento e níquel puro.

Para realizar o ensaio, a superfície do material deve ser preparada e limpa com solvente, escova de aço ou jato de areia para evitar a oxidação ou sujeira. Em seguida, a peça é magnetizada, e existem diferentes métodos de magnetização, como o longitudinal e o circular.

A magnetização multidirecional é a mais recomendada, pois economiza tempo e reduz a possibilidade de erros. No entanto, equilibrar os campos magnéticos pode ser desafiador e requer cuidado para evitar sobreposição. As formas de magnetização

são listradas na Figura 6.

Figura 6. Linhas de fluxo no material.



Fonte: Zolin (2010).

As partículas magnéticas usadas no ensaio podem ser aplicadas por via seca ou via úmida, e a inspeção pode ser realizada com partículas visíveis à luz branca, incandescente ou fluorescente, e visíveis à luz negra.

Além disso, é importante realizar a inspeção e a limpeza da peça antes da usinagem ou soldagem para evitar interferências nos equipamentos. A desmagnetização é feita com campos magnéticos alternados e decrescentes.

2.3.4 Curva PF (Ponto de Falha)

A Curva PF (Ponto de Falha) é um método que ajuda a determinar a periodicidade da manutenção em equipamentos, com base no histórico de falhas, a fim de evitar falhas funcionais. A Curva PF busca identificar o intervalo entre a falha potencial e a falha funcional.

A Falha Potencial é a forma como a falha se manifesta em um equipamento e pode ser equiparada ao Modo de Falha. A Falha Funcional ocorre quando o equipamento não atende a um padrão de desempenho especificado em seu projeto.

A curva PF é um gráfico mostrado na Figura 7, que representa a performance do equipamento ao longo do tempo de funcionamento. Seu principal objetivo é identificar o intervalo PF, que é o tempo entre a falha potencial e a falha funcional. Isso ajuda a programar a manutenção preventiva e preditiva com base em dados reais.

Figura 7. Gráfico da curva potencial de falha.



Fonte: Teles (2020).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os Dispositivos de Içamento (DI) são mecanismos projetados especificamente para cada aplicação, com o objetivo de movimentar cargas por içamento. O dispositivo muda em forma e componentes, como olhais, correntes, parafusos, travas de segurança e pegas, dependendo das necessidades de projeto e manuseio para produtos e operações específicas.

Esses dispositivos são fabricados em aço com baixo teor de carbono, como o SAE 1020, devido às suas propriedades mecânicas. O uso de aços com maior teor de carbono, como o SAE 1045, não é recomendado devido à sua fragilização durante o processo de soldagem, o que pode resultar em trincas e quebras sob tensão.

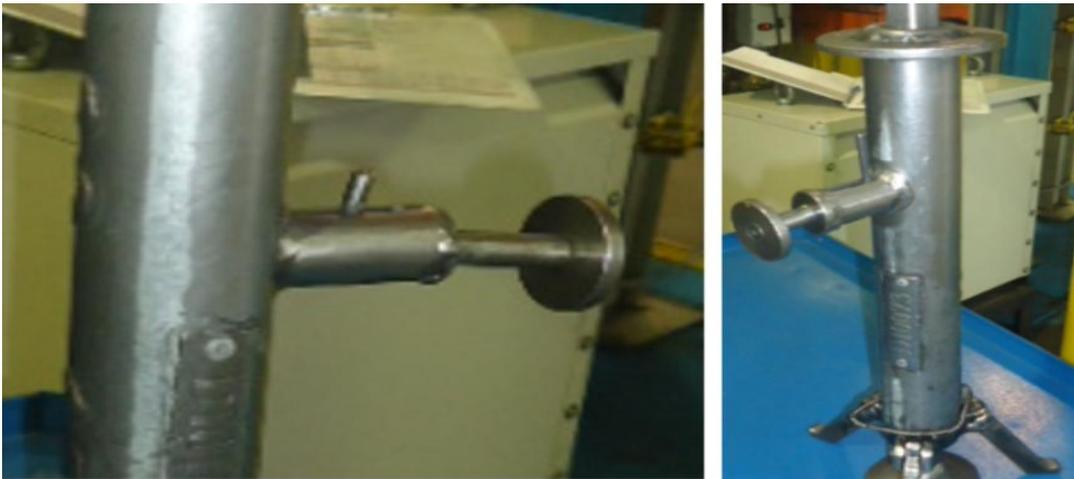
3.1 OBJETO DE ESTUDO

O foco do estudo é o eixo de trava, uma parte do conjunto que foi identificada como suscetível a quebras. Devido a várias ocorrências de quebra, que representam um risco à segurança, foi necessário desenvolver um novo modelo de pino que excluísse o furo original.

3.2 HISTÓRICO DE QUEBRA

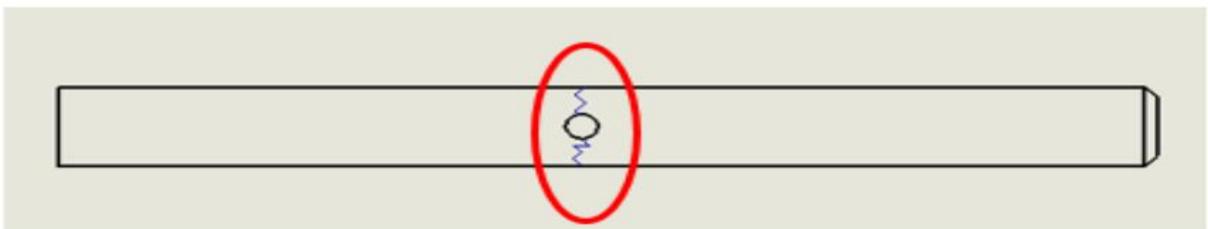
O pino trava original possuía um furo para inserção de um pino elástico. No entanto, o furo tinha um diâmetro de 4 mm em um pino trava de 10 mm, resultando em uma parede fina de 3 mm. Isso tornou a região do pino frágil e suscetível a quebras. Durante o manuseio, o pino frequentemente sofria impactos que resultavam em quebras na região mais frágil. A Figura 8 e a Figura 9 mostram o ponto de ruptura no pino.

Figura 8. Pino da trava quebrado.



Fonte: o autor (2024).

Figura 9. Ponto de ruptura do pino trava.



Fonte: o autor (2024).

3.3 OBJETO DE ESTUDO

Durante uma reunião técnica, foi desenvolvido um diagrama de Ishikawa com o objetivo de identificar e analisar as causas e os efeitos relacionados ao problema de falha na trava de segurança do dispositivo de içamento. Após análise detalhada, foram identificados os seguintes fatores que contribuem para o problema:

1. Meio Ambiente: Detectou-se a presença de umidade elevada no ar, o que ocasiona a oxidação dos componentes metálicos, contribuindo para o desgaste e comprometendo a integridade do pino da trava.

2. Máquina: Verificou-se que o pino utilizado era incompatível com as especificações técnicas da máquina, indicando um desajuste entre os componentes.

3. Mão de Obra: Constatou-se que este fator não se aplica diretamente ao problema em questão, já que não foram identificadas falhas humanas no processo de operação.

4. Matéria-prima: Observou-se que o material utilizado na fabricação do pino não é adequado para a aplicação específica, comprometendo sua resistência e durabilidade.

5. Método: Identificou-se a ausência de uma descrição clara e detalhada das atividades a serem realizadas, evidenciando a falta de procedimentos operacionais padronizados e bem definidos.

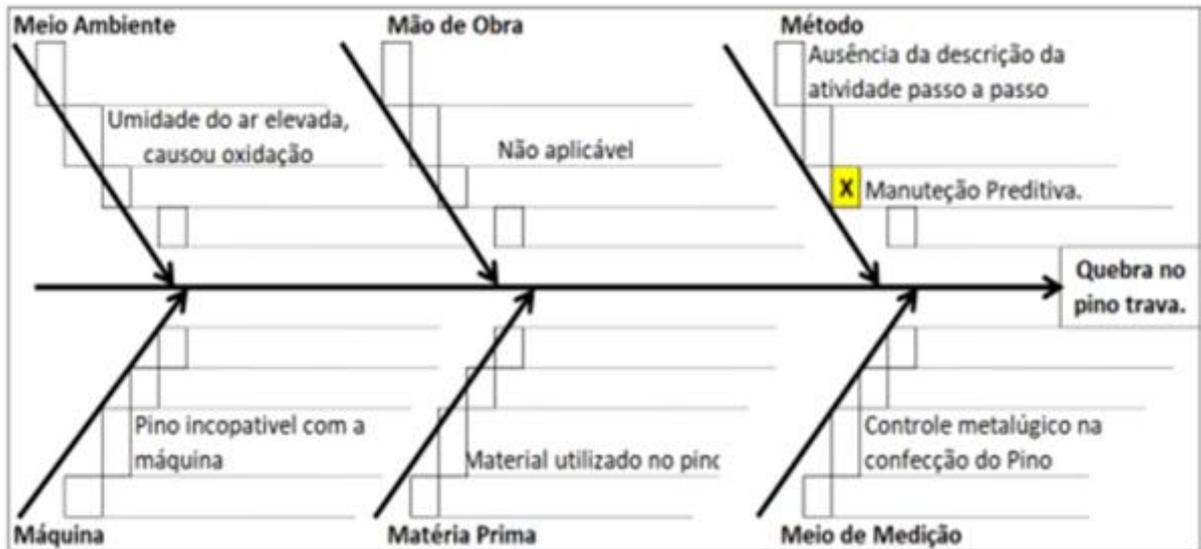
6. Meio de Medição: Detectou-se a ausência de controle metalúrgico adequado durante o processo de fabricação do pino, o que contribuiu para falhas na qualidade do material. Esses fatores culminaram na falha mecânica, resultando na quebra do pino da trava de segurança. O diagrama de Ishikawa foi fundamental para identificar as áreas críticas e fornecer uma visão abrangente sobre os aspectos que devem ser corrigidos, incluindo o aprimoramento dos processos de fabricação, manutenção preventiva, controle ambiental e revisão das especificações técnicas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MELHORIA PROPOSTA

A seguir é mostrada a aplicação do Diagrama de Ishikawa, na Figura 10.

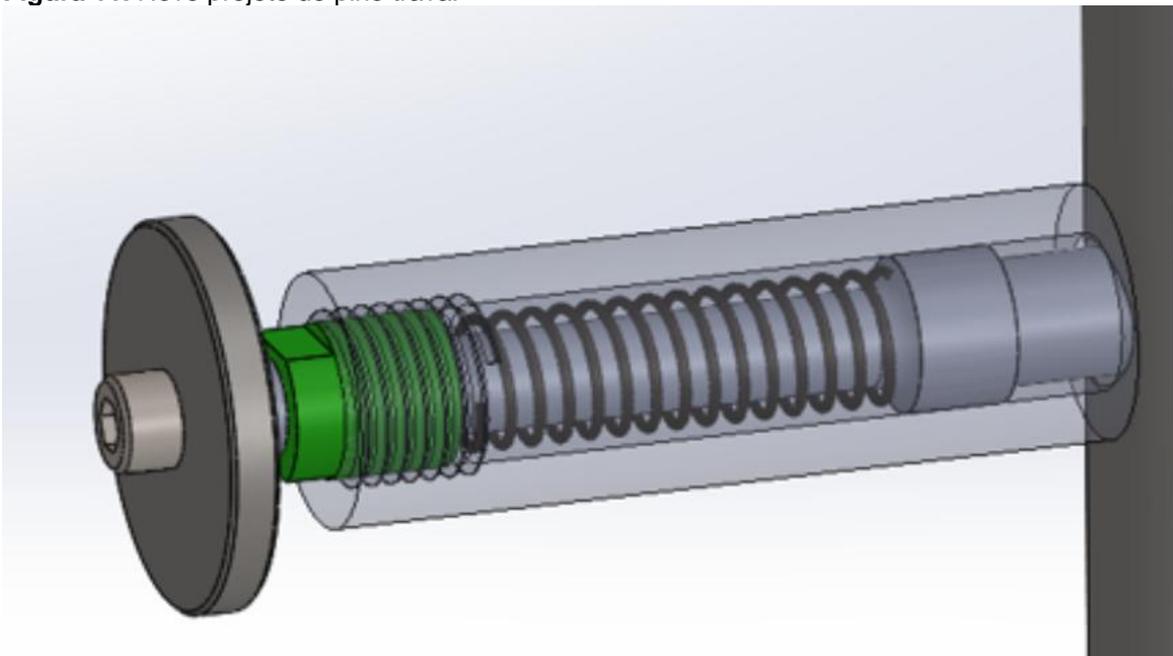
Figura 10. Diagrama de Ishikawa para a ruptura do pino trava.



Fonte: o autor (2024).

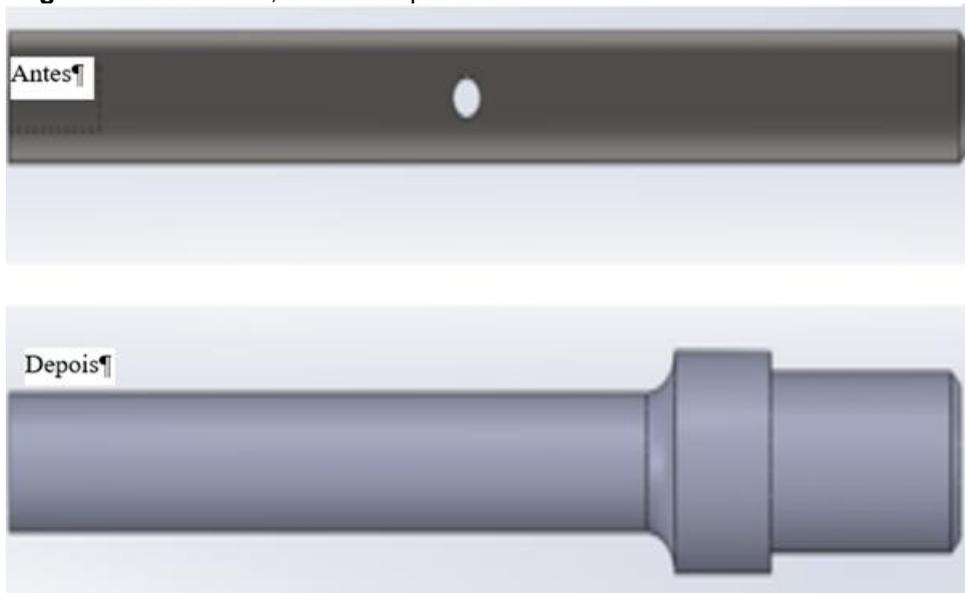
Para eliminar as quebras na região do pino elástico, foi desenvolvido um novo modelo de pino que exclui o furo e remodela a forma do pino, como mostrado na Figura 11 e na Figura 12.

Figura 11. Novo projeto do pino trava.



Fonte: o autor (2024).

Figura 12. Pino trava, antes e depois.

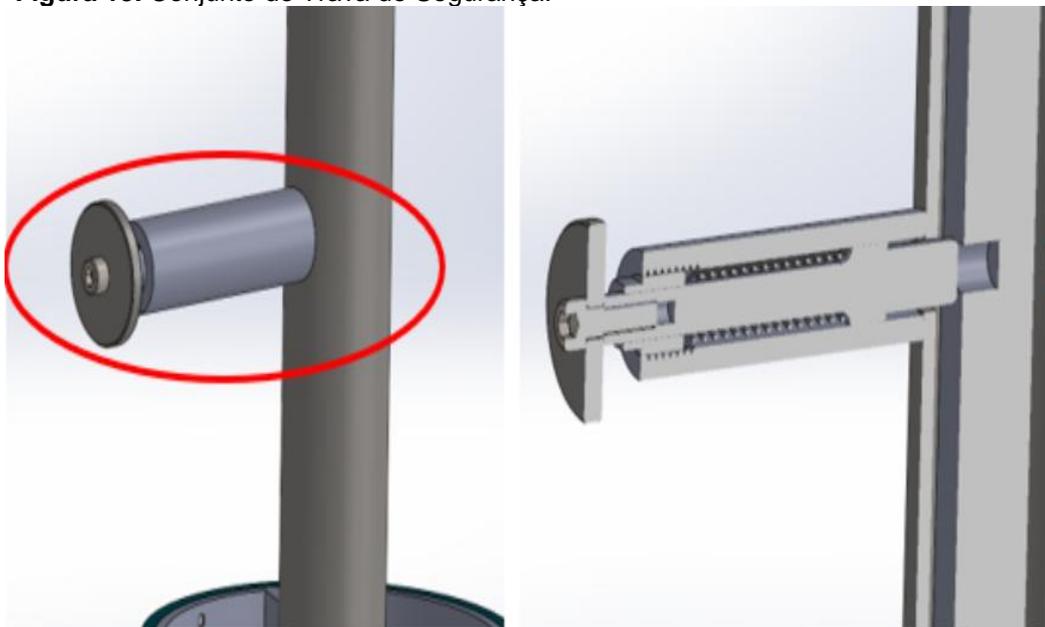


Fonte: o autor (2024).

4.2 MELHORIA NO CONUNTO DA TRAVA

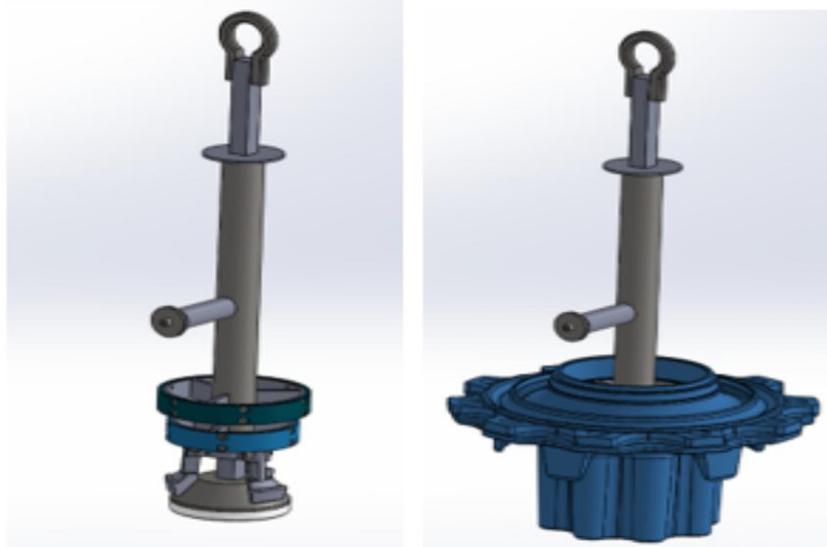
Além da melhoria no pino, o conjunto da trava também foi remodelado para torná-lo mais robusto e melhorar o processo de manutenção. Esse conjunto inclui uma porca guia para auxiliar na remoção do pino, uma mola de recuo e uma arruela de pega fixada por parafuso, como mostrado na Figura 13.

Figura 13. Conjunto de Trava de Segurança.



Fonte: o autor (2024).

Figura 14. Dispositivo de içamento de cubo de roda completo.



Fonte: o autor (2024).

4.3 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Adicionalmente, foi elaborado um plano de manutenção preditiva que envolve a realização de testes por líquido penetrante no pino da trava a cada 4 meses nos Dispositivos de Içamento que utilizam esse sistema. Esse plano visa evitar falhas futuras e garantir a segurança e confiabilidade dos equipamentos.

5. CONCLUSÃO

Este estudo aprofundou-se em uma solução industrial e nos modelos de manutenção, ressaltando a importância da gestão eficaz de planos de manutenção para melhorar a produtividade e a rentabilidade na indústria. Demonstrou-se que a manutenção corretiva, embora possa parecer uma opção econômica a curto prazo, muitas vezes resulta em custos significativamente mais altos quando comparada à manutenção preventiva e preditiva. Além disso, a aplicação de ensaios não destrutivos, como ultrassom, líquido penetrante e partículas magnéticas, podem ser utilizados para detectar falhas em materiais.

O estudo específico do dispositivo de içamento evidenciou a necessidade de melhorias no *design* do pino de trava, com a eliminação de um furo que

frequentemente resultava em quebras. As ferramentas da qualidade utilizadas na detecção da causa raiz e as ações propostas visam aumentar a robustez e a eficácia do conjunto, contribuindo para a segurança e confiabilidade do equipamento.

Por fim, a implementação de um plano de manutenção preventiva, com a realização de testes por líquido penetrante a cada quatro meses, representa um passo importante na prevenção de falhas críticas nesse sistema. Compreender e aplicar estratégias de manutenção adequadas é essencial para garantir o funcionamento eficiente das instalações industriais, reduzindo custos operacionais e garantindo a segurança de todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. T. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 18 nov. 2024.

ANDREUCCI, Ricardo. Líquidos Penetrantes. 2008. Disponível em: <<https://infosolda.com.br/284-liquido-penetrante/>>. Acesso em 14 set. 2024.

OTANI M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** [S.l.]: Revista Gestão Industrial, 2008.

SLACK N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON R. **Administração da Produção.** 2002.

SOARES, Vitor. **Diagrama de Ishikawa: o que é, para que serve e como usar.** Disponível em: <https://www.napratica.org.br/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 25 out. 2024.

TELECURSO 2000. Rio de Janeiro: Globo, 2008.

ZOLIN, Ivan. **Curso técnico em automação industrial: ensaios mecânicos e análises de falhas.** Universidade Federal de Santa Maria : CTISM, 2010. Disponível em: <https://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_autom_ind/ensaios_mec/161012_ens_mec_an_fal.pdf>. Acesso em 20 nov. 2024.