

Implementação e automação de manutenção na indústria de aço

Maintenance implementation and automation in the steel industry

Alex de Jesus Rodrigues¹
Eberson Lima de Andrade²
Paulo Roberto Weingärtner Júnior³
Ruan Hebert da Silva⁴

Resumo

O presente estudo teve como objetivo analisar a implementação da manutenção planejada na empresa RCA, utilizando indicadores de desempenho como ferramenta de apoio à gestão da manutenção industrial. A pesquisa partiu da identificação de problemas relacionados à predominância da manutenção corretiva, ausência de controle de ordens de serviço, improvisações operacionais, desorganização do ambiente produtivo e falhas recorrentes em equipamentos críticos, especialmente na máquina EURA 13. A metodologia adotada caracterizou-se como aplicada, descritiva e qualitativa, utilizando observações em campo, análise documental, registros fotográficos e aplicação de ferramentas como Diagrama de Ishikawa e FMEA. A partir do diagnóstico realizado, foram propostas melhorias envolvendo manutenção preventiva, organização do estoque de peças, padronização de procedimentos, implantação de checklists e utilização de planilhas automatizadas para monitoramento dos indicadores MTBF, MTTR e disponibilidade operacional. Os resultados demonstraram redução significativa das falhas, diminuição do tempo de parada, aumento da confiabilidade dos equipamentos e melhoria das condições de segurança e organização do ambiente industrial. O estudo evidenciou que, mesmo em empresas com recursos limitados, a adoção de práticas estruturadas de manutenção pode gerar ganhos expressivos de produtividade, confiabilidade e eficiência operacional. Conclui-se que a manutenção planejada, associada ao uso de indicadores de desempenho e ferramentas simples de controle, representa um elemento estratégico para a competitividade e sustentabilidade das organizações industriais.

¹ Faculdade de Tecnologia Prof. Hirant Sanazar – Cotia - São Paulo – Brasil.

E-mail tec.alexrodrigues@gmail.com

² Faculdade de Tecnologia Prof. Hirant Sanazar – Jandira - São Paulo – Brasil.

E-mail privitor56@gmail.com

³ Faculdade de Tecnologia Prof. Hirant Sanazar – São Paulo - São Paulo – Brasil.

E-mail pauloweing@gmail.com – ORCID 0000-0002-5048-4942

⁴ Faculdade de Tecnologia Prof. Hirant Sanazar – Itapevi - São Paulo – Brasil.

E-mail ruanhebert33@gmail.com

Palavras-chave: Manutenção planejada. Indicadores de desempenho. MTBF. MTTR. Manutenção preventiva.

Abstract

This study aimed to analyze the implementation of planned maintenance at RCA company, using performance indicators as a support tool for industrial maintenance management. The research was based on the identification of problems related to the predominance of corrective maintenance, lack of work order control, operational improvisations, disorganization of the production environment, and recurring failures in critical equipment, especially the EURA 13 machine. The adopted methodology was applied, descriptive, and qualitative, using field observations, document analysis, photographic records, and the application of tools such as the Ishikawa Diagram and FMEA. Based on the diagnosis carried out, improvements were proposed involving preventive maintenance, spare parts inventory organization, procedure standardization, checklist implementation, and the use of automated spreadsheets to monitor indicators such as MTBF, MTTR, and operational availability. The results demonstrated a significant reduction in failures, decreased downtime, increased equipment reliability, and improved safety and organization conditions within the industrial environment. The study showed that even companies with limited resources can achieve significant gains in productivity, reliability, and operational efficiency through the adoption of structured maintenance practices. It is concluded that planned maintenance, combined with the use of performance indicators and simple control tools, represents a strategic element for the competitiveness and sustainability of industrial organizations.

Keywords: Planned maintenance. Performance indicators. MTBF. MTTR. Preventive maintenance.

1 Introdução

A manutenção industrial tem se consolidado como uma área estratégica dentro das organizações, sendo fundamental para garantir a confiabilidade, disponibilidade e segurança dos equipamentos produtivos. Em um cenário marcado por avanços tecnológicos, automação e alta competitividade, a eficiência operacional tornou-se um diferencial essencial para a sustentabilidade das empresas. Nesse contexto, a gestão da manutenção deixou de ser uma atividade meramente corretiva e passou a integrar o planejamento estratégico das organizações, contribuindo diretamente para a produtividade e a redução de custos.

A ausência de um planejamento adequado ou de indicadores de desempenho bem definidos pode resultar em falhas inesperadas, paradas não programadas e perdas significativas

de produção. Tais eventos impactam diretamente a lucratividade e a competitividade das empresas, especialmente em setores industriais que operam com altos volumes e margens apertadas. Por isso, torna-se indispensável adotar práticas modernas de manutenção, como a preventiva, a preditiva e a centrada na confiabilidade (RCM – Reliability Centered Maintenance), que visam antecipar falhas, prolongar a vida útil dos ativos e otimizar o uso de recursos.

Autores como Alan Kardec e Júlio Nascif (2015) reforçam que a manutenção deve ser tratada como uma função estratégica, alinhada às metas de produção, qualidade e eficiência. Além disso, metodologias como a Manutenção Produtiva Total (TPM) promovem a melhoria contínua e o engajamento dos colaboradores, contribuindo para a eliminação de perdas e o aumento da eficácia dos equipamentos.

A utilização de indicadores de desempenho, como o MTBF (Mean Time Between Failures – tempo médio entre falhas) e o MTTR (Mean Time To Repair – tempo médio para reparo), é essencial para monitorar a eficiência da manutenção e apoiar a tomada de decisões. Esses indicadores permitem identificar gargalos, planejar ações corretivas e preventivas e aumentar a previsibilidade de falhas, promovendo maior estabilidade no processo produtivo.

Diante desse contexto, surge o seguinte problema de pesquisa: como a ausência de um sistema estruturado de manutenção planejada e de indicadores de desempenho impacta a confiabilidade dos equipamentos e a produtividade da empresa RCA?

Este trabalho pretende responder esta questão e agregar valor aos sistemas produtivos da empresa.

Propor um modelo de implementação de manutenção industrial com indicadores de desempenho para a gestão da manutenção na empresa RCA, visando aumentar a eficiência, confiabilidade e produtividade do parque industrial. Adicionalmente, busca-se promover um ambiente operacional mais organizado e controlado, contribuindo para melhores condições de trabalho, redução de riscos nas atividades de manutenção e operação, além de favorecer maior engajamento e satisfação dos colaboradores no desempenho de suas funções, visando aumentar a eficiência, confiabilidade e produtividade do parque industrial.

Este trabalho tem como objetivo geral demonstrar a importância da implementação da manutenção planejada e da utilização de indicadores de desempenho como ferramentas de apoio à gestão da manutenção na empresa RCA. Por meio da análise de casos reais de paradas de equipamentos e do cálculo dos prejuízos decorrentes, busca-se evidenciar como a ausência de um

sistema eficaz de manutenção pode comprometer não apenas a produtividade, mas também a competitividade da organização no mercado.

Dessa forma, a presente pesquisa pretende contribuir para a valorização da manutenção como uma área estratégica, capaz de transformar resultados operacionais e financeiros, promovendo o crescimento sustentável das indústrias.

Objetivos específicos são

1. Diagnosticar a situação atual da manutenção na RCA, identificando os principais problemas relacionados à manutenção preventiva, corretiva, controle de ordens de serviço, estoque de peças e dimensionamento da equipe de manutenção.
2. Selecionar e definir indicadores de desempenho adequados para o contexto da empresa, tais como MTBF, MTTR, disponibilidade dos equipamentos, taxa de cumprimento de manutenção preventiva, custo de manutenção, entre outros.
3. Elaborar um plano de implementação de manutenção preventiva, com cronograma, procedimentos, responsabilidades e alocação de recursos (humanos, materiais e financeiros).
4. Propor sistema de registro de ordens de serviço e gestão de paradas de máquinas, bem como organização e controle de estoque de peças de reposição.
5. Avaliar o impacto esperado da implementação dos indicadores de desempenho e das práticas de manutenção preventiva sobre os custos, produtividade e confiabilidade dos equipamentos.

2 Revisão da Literatura

A manutenção industrial moderna vem passando por uma profunda transformação, deixando de ser apenas uma atividade de reparo para assumir um papel estratégico dentro das organizações. Segundo Kardec e Nascif (2015), “a manutenção deixou de ser uma função meramente corretiva, passando a integrar o planejamento estratégico das empresas”. Esse reposicionamento ocorre porque a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos tornaram-se fatores diretamente relacionados à competitividade, produtividade e sustentabilidade do negócio. Em um contexto industrial cada vez mais automatizado, a capacidade de manter

máquinas operando de forma contínua e segura impacta diretamente a qualidade, os custos e o cumprimento de prazos.

Historicamente, muitas indústrias trabalhavam de forma reativa, adotando predominantemente a manutenção corretiva — aquela executada somente após a falha ocorrer. Embora simples em teoria, esse modelo traz diversos problemas operacionais. Conforme Baran (2011), a manutenção corretiva “aumenta os custos de operação e reduz a confiabilidade dos ativos, pois as falhas ocorrem de forma imprevisível, interrompendo a produção”. Além disso, interrupções inesperadas podem causar danos secundários, aumentar riscos de acidentes de trabalho e exigir paradas prolongadas para reparo. Com o tempo, ficou evidente que essa abordagem não atende às necessidades de competitividade do setor industrial contemporâneo.

Diante dessa realidade, surgiram modelos de manutenção mais proativos, como a manutenção preventiva e a preditiva, que passaram a ser amplamente recomendados na literatura técnica. A manutenção preventiva, por exemplo, é baseada em inspeções e intervenções planejadas em intervalos regulares, independentemente do surgimento de falhas. De acordo com o portal Gestão Industrial (2025), “a manutenção preventiva visa reduzir o risco de falhas, garantir a disponibilidade dos equipamentos e aumentar a vida útil dos ativos produtivos”. Essa prática apresenta vantagens importantes, como maior previsibilidade de custos, redução de tempo ocioso e menor exposição dos equipamentos a condições críticas. No entanto, ela exige um sistema de controle mais estruturado, com registros confiáveis, planejamento de atividades e padronização de procedimentos.

Garcia e Nunes (2017) reforçam essa necessidade ao afirmar que a implementação de um plano de manutenção preventiva bem-organizado “permite identificar causas de falhas recorrentes e reduzir custos de manutenção ao longo do tempo”. Os autores destacam ainda que a informatização — seja por meio de softwares específicos, planilhas automatizadas ou sistemas digitais — favorece o acompanhamento de indicadores, o registro histórico e a análise de tendência dos ativos. No contexto do presente trabalho, que envolve a empresa RCA, essa informatização é essencial, já que a falta de controle eficiente tem provocado falhas frequentes, paradas não programadas e desperdícios de recursos materiais e humanos.

Além da manutenção preventiva, outro marco na evolução dos modelos de gestão é a Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM – Reliability Centered Maintenance). A RCM surgiu como uma metodologia estruturada que identifica funções, modos de falha, efeitos e

consequências de falhas para definir o tipo de manutenção mais adequado para cada equipamento. Segundo Barros e Massala (2020), a RCM “visa assegurar que os sistemas e equipamentos desempenhem suas funções dentro do contexto operacional desejado, minimizando falhas e otimizando recursos”. Essa abordagem prioriza intervenções que impactam diretamente a segurança, a qualidade e a disponibilidade produtiva, proporcionando uso mais eficiente da equipe de manutenção e dos recursos da empresa.

Baran (2011) complementa que a RCM permite “identificar quais tarefas de manutenção são realmente necessárias e quais não agregam valor ao sistema produtivo”. Dessa forma, evita-se a realização de atividades desnecessárias, reduzindo custos e aumentando a assertividade das intervenções. Essa metodologia está totalmente alinhada aos objetivos deste trabalho, que busca aprimorar a gestão da manutenção na RCA e estabelecer uma estrutura automatizada de controle e análise.

Outro conceito amplamente difundido na literatura é a Manutenção Produtiva Total (TPM — Total Productive Maintenance). Diferente dos modelos tradicionais, a TPM envolve toda a organização no cuidado dos equipamentos, não apenas a equipe de manutenção. Para Kardec e Nascif (2015), a TPM “promove o envolvimento de todos os colaboradores na busca pela eficiência total dos equipamentos”. Entre seus pilares estão a eliminação de perdas, a padronização de rotinas, a manutenção autônoma e a melhoria contínua. Em empresas com recursos limitados, como a RCA, a aplicação de princípios da TPM é especialmente vantajosa, pois distribui responsabilidades, aumenta o senso de pertencimento e reduz o retrabalho.

Com os avanços tecnológicos das últimas décadas, surgiu um novo paradigma: a Manutenção 4.0. Esse conceito integra tecnologias digitais, sensores inteligentes,

Internet das Coisas (IoT), análise de dados e monitoramento em tempo real. Segundo Barros e Massala (2020), a manutenção 4.0 “utiliza tecnologias digitais, sensores inteligentes, Internet das Coisas e análise de dados em nuvem para prever falhas e otimizar processos de manutenção”. Essa abordagem amplia significativamente a capacidade de prever falhas antes que aconteçam, permitindo ajustes mais rápidos e precisos. Embora a RCA ainda não esteja inserida plenamente no contexto 4.0, a automação de planilhas e indicadores representa um passo inicial rumo a essa modernização.

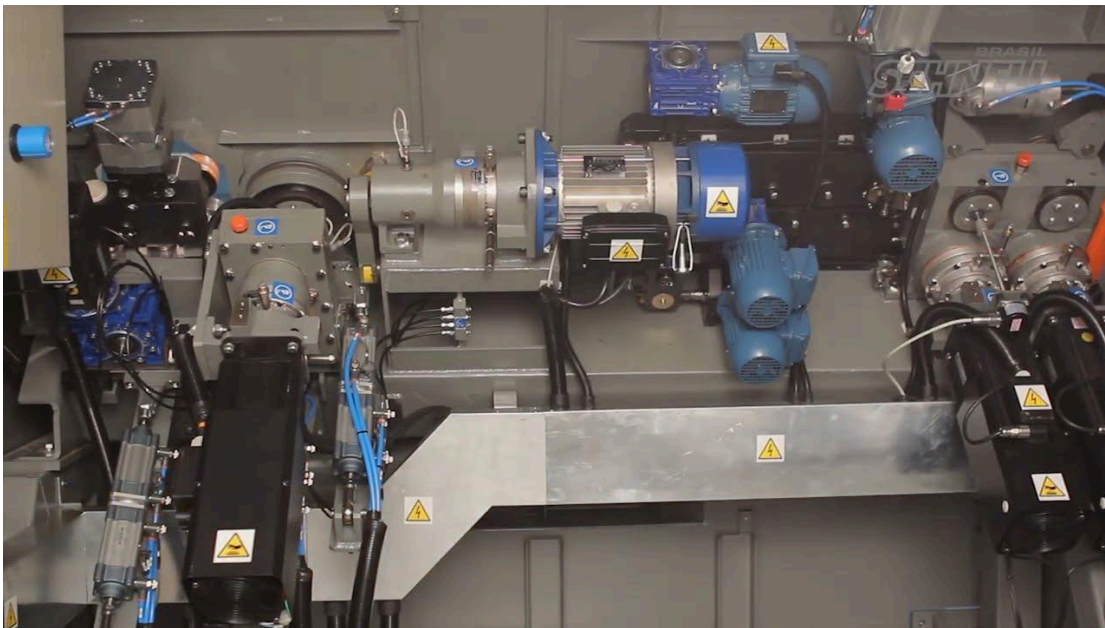
A automação do gerenciamento da manutenção, mesmo em modelos mais simples, inclui o uso de sistemas que registram ordens de serviço, notificam paradas, calculam indicadores

e organizam o histórico dos ativos. Baran (2011) ressalta que “a informatização do setor de manutenção é um passo fundamental para o controle efetivo dos ativos industriais”. A ausência desses controles — como observado na RCA — dificulta a identificação de padrões de falha, prejudica o planejamento e compromete a confiabilidade do processo produtivo.

3 Metodologia

A metodologia deste estudo foi desenvolvida com o objetivo de compreender a situação real do setor de manutenção da empresa RCA e propor um modelo eficiente de implementação de manutenção planejada com uso de indicadores de desempenho. Para isso, a pesquisa adotou uma abordagem aplicada, voltada à solução de um problema existente na empresa, e quali-quantitativa, combinando observações práticas, análises de rotina e interpretação numérica dos dados coletados. O trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, pois analisa diretamente o ambiente industrial da RCA, com foco especial na máquina EURA 13, além de outros equipamentos considerados críticos para o processo produtivo.

Figura 01 – EURA 13



Fonte: Schnell

Como parte deste trabalho, destaca-se o exemplo da máquina EURA 13, utilizada na empresa RCA (Rocha Comércio de aço), que ilustra a relevância da manutenção planejada na

prática. A EURA 13 é uma estribadeira automática bidirecional que permite a produção de estribos ou perfilados com dobras nas duas extremidades, utilizando aço laminado a quente ou trefilado a frio de até Ø 12,7 mm. Seu acionamento é realizado por servomotores elétricos digitais, e sua velocidade máxima de arraste é de 130 m/min. Trata-se de um equipamento de alta performance, cuja disponibilidade contínua é essencial para manter o ritmo produtivo e evitar gargalos na linha de produção.

Inicialmente, foi realizada uma análise comparativa entre os principais equipamentos do setor produtivo, sendo eles: Prima 12, Aço 8, P3, Pr, C4 e EURA 13. Para a definição da máquina mais crítica, foram aplicadas ferramentas da qualidade, o Diagrama de Ishikawa e a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA).

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, foi utilizado como ferramenta qualitativa para identificar, organizar e analisar as possíveis causas das falhas nos equipamentos. A estrutura do diagrama permite agrupar as causas em categorias como método, mão de obra, máquina, material, meio ambiente e medição, facilitando a visualização dos fatores que contribuem para os problemas observados. Dessa forma, foi possível compreender de maneira sistêmica as origens das falhas em cada equipamento analisado.

Em complemento, a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) foi aplicada como ferramenta quantitativa para avaliar os possíveis modos de falha identificados. Essa metodologia consiste na atribuição de índices para severidade (impacto da falha), ocorrência (frequência com que a falha acontece) e detecção (facilidade de identificar a falha antes que cause impacto), permitindo o cálculo do Número de Prioridade de Risco (RPN). Com base nesses critérios, foi possível classificar e priorizar os equipamentos de acordo com seu nível de criticidade, direcionando as ações de manutenção de forma mais estratégica.

A partir dessas análises, identificou-se a máquina EURA 13 como a mais crítica do processo produtivo. Essa escolha também se justifica pelo fato de a EURA 13 ser considerada o carro-chefe da empresa, exercendo forte influência nos resultados de produção e nos indicadores de desempenho operacional. Dessa forma, a EURA 13 foi definida como referência principal para o desenvolvimento deste trabalho.

A coleta das informações foi realizada diretamente na empresa, por meio de visitas ao setor produtivo e acompanhamento das atividades do técnico e do ajudante de manutenção. Foram observados os procedimentos realizados no dia a dia, os tempos de parada, as dificuldades

operacionais e a forma como as falhas eram tratadas. Também foram utilizadas conversas informais com operadores e responsáveis pela produção para compreender, de maneira prática e humanizada, como a falta de planejamento de manutenção afetava o ritmo de trabalho, o desempenho das máquinas e os resultados da empresa.

Além das observações em campo, foram analisados documentos internos, como registros manuais de paradas, ordens de serviço existentes, controles informais de estoque de peças, manuais dos equipamentos e relatórios de intervenções anteriores. Os dados históricos dos últimos seis meses foram coletados e organizados, permitindo identificar a frequência de falhas, os tempos médios de reparo, as causas mais comuns das paradas e os impactos gerados na produtividade. A partir dessas informações, foram calculados indicadores importantes para a gestão da manutenção, como MTBF, MTTR e disponibilidade dos equipamentos, seguindo orientações técnicas da literatura especializada.

Com base no diagnóstico obtido e na análise dos indicadores, foi elaborada uma proposta de plano de manutenção preventiva adaptada à realidade da empresa. Esse plano inclui periodicidade de inspeções, checklists de atividades, lista de peças críticas para estoque mínimo, local adequado para a manutenção, realizar os procedimentos padrão e organização das responsabilidades da equipe. Também foi desenvolvida uma planilha automatizada para registrar ordens de serviço, acompanhar paradas, controlar o estoque e gerar indicadores automaticamente, contribuindo para a modernização e padronização do setor de manutenção mesmo sem a existência de um software especializado.

Por fim, os resultados esperados foram projetados considerando o histórico identificado e as melhorias propostas, estimando reduções no número de falhas, ganhos de disponibilidade, diminuição do tempo de reparo e melhoria geral da eficiência operacional. A metodologia reconhece limitações relacionadas à equipe reduzida, inconsistência de registros anteriores e restrições de tempo, mas oferece soluções aplicáveis e adequadas ao contexto real da empresa, garantindo confiabilidade ao estudo e viabilidade à implantação do modelo sugerido.

3.1 Tipo e Abordagem da Pesquisa

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois busca solucionar um problema real identificado no setor de manutenção da empresa. A abordagem é quali-quantitativa, integrando:

- Análise qualitativa, baseada em observações diretas, conversas com operadores e interpretação dos processos internos;
- Análise quantitativa, utilizando dados como número de falhas, tempo de parada, tempo de reparo e cálculos de indicadores (MTBF, MTTR, disponibilidade).

Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso apoiado em pesquisa de campo e pesquisa bibliográfica, permitindo relacionar a realidade da empresa com técnicas reconhecidas de manutenção industrial.

3.2 Local da Pesquisa

O estudo foi realizado na empresa RCA (Rocha Comércio de aço), em suas áreas de produção, manutenção e almoxarifado. A investigação concentrou-se principalmente na EURA 13, máquina crítica para o processo produtivo e com alto índice de falhas. Outros equipamentos foram analisados quando apresentavam recorrência de paradas ou impacto significativo na produção.

3.3 Materiais Utilizados

Para condução da pesquisa, foram utilizados:

3.3.1 Registros internos e documentos

- Ordens de serviço existentes.
- Planilhas de controle informal de paradas.
- Relatórios de falhas e intervenções.
- Controle de estoque de peças.
- Material técnico da EURA 13
- Catálogos de peça da Schnell.
- Manual de operação.
- Registro de visitas do Técnico da Schnell para solucionar ocorrências

3.3.2 Equipamentos analisados

- EURA 13 – Etribadeira automática bidirecional. (Fabricada pela Schnell)
- Máquinas secundárias com alto impacto no fluxo produtivo.

3.3.3 Ferramentas e softwares

- Planilhas eletrônicas para cálculo dos indicadores.
- Cronômetros para mensuração de tempos de reparo.
- Aplicativos de comunicação utilizados pela equipe.
- Manuais técnicos e documentos do fabricante.
- Procedimento de prevenção do fabricante.

3.4 Procedimentos Metodológicos

A execução do estudo foi dividida em etapas, permitindo um desenvolvimento organizado e progressivo da proposta de manutenção.

3.4.1 Diagnóstico inicial

A primeira etapa consistiu em entender como a manutenção era realizada antes da proposta de melhoria. Para isso, foram realizadas:

- Observações diretas no setor produtivo.
- Acompanhamento da rotina da equipe de manutenção.
- Conversas informais com operadores, supervisores e técnicos responsáveis.
- Verificação do estado dos registros e das práticas em uso.
- Verificação de cuidado com equipamento.
- Verificação de manutenção autônoma.

Essas ações permitiram identificar falhas recorrentes, ausência de plano preventivo, ausência do treinamento adequado para operadores, falta de indicadores e organização inadequada do estoque.

3.4.2 Coleta de dados históricos

Com o diagnóstico definido, foram levantados dados reais dos últimos seis meses de operação, incluindo:

- Quantidade de falhas por máquina.
- Frequência e duração das paradas.
- Tempo gasto para reparos.

- Causas recorrentes.
- Custos aproximados das intervenções.
- Tempo gasto por falha mecânica.

Essas informações foram obtidas por meio de registros internos, relatórios existentes e relatos da equipe.

3.4.3 Classificação das falhas

As falhas foram classificadas conforme:

- Tipo (mecânica, elétrica, estrutural, erro operacional);
- Impacto (crítico, moderado, baixo);
- Frequência (alta, média, baixa).

Essa classificação permitiu definir prioridades e concentrar esforços nos equipamentos mais problemáticos, como a EURA 13.

3.4.4 Cálculo dos indicadores de desempenho

Para transformar os dados coletados em informações úteis para tomada de decisão, foram calculados os seguintes indicadores:

- MTBF (tempo médio entre falhas);
- MTTR (tempo médio para reparo);
- Disponibilidade do equipamento;
- Taxa de cumprimento das preventivas (após implantação);
- Custos de manutenção.

As fórmulas seguiram referências técnicas citadas na revisão da literatura, especialmente Kardec e Nascif (2015) e Baran (2011).

3.4.5 Elaboração do plano de manutenção preventiva

Com base nos resultados obtidos, foi desenvolvido um plano preventivo contendo:

- Periodicidade de inspeções.
- Listas de atividades e checklists.
- Peças críticas que devem permanecer em estoque.
- Procedimentos padrão para intervenções.

- Responsabilidades da equipe.
- Cronograma de inspeções preventivas.
- Treinamento para operadores (Manutenção autônoma)
- Procedimento de limpeza, troca de lubrificantes e lubrificação.

Os procedimentos foram adaptados às recomendações do fabricante da EURA 13 e às necessidades reais observadas na empresa.

3.4.6 Desenvolvimento de sistema automatizado em planilhas

Devido à ausência de um sistema adequado para manutenção, foi construída uma planilha automatizada para:

- Registrar ordens de serviço.
- Controlar peças em estoque.
- Registrar paradas e falhas.
- Gerar automaticamente MTBF, MTTR, disponibilidade e gráficos.

A ferramenta foi projetada de forma simples, permitindo que o próprio técnico de manutenção pudesse utilizá-la sem dificuldades.

3.4.7 Projeção dos resultados esperados

Com base nos dados históricos, foram estimados os impactos esperados após a adoção do novo modelo, como:

- Redução das falhas recorrentes.
- Aumento da disponibilidade das máquinas.
- Redução do MTTR.
- Economia no custo total de manutenção.
- Diminuição das paradas inesperadas da EURA 13.

A projeção considera a realidade atual da empresa e sua limitação de pessoal.

3.5 Limitações da Pesquisa

A metodologia reconhece algumas limitações que influenciaram o estudo:

- Registros anteriores incompletos ou inexistentes.

- Equipe reduzida, composta por apenas um técnico e um ajudante.
- Restrições de tempo para implementação total das melhorias.
- Dependência de informações fornecidas pela produção e manutenção.

Mesmo com essas limitações, o método adotado permite construir um modelo eficiente, realista e aplicável ao cenário atual da RCA.

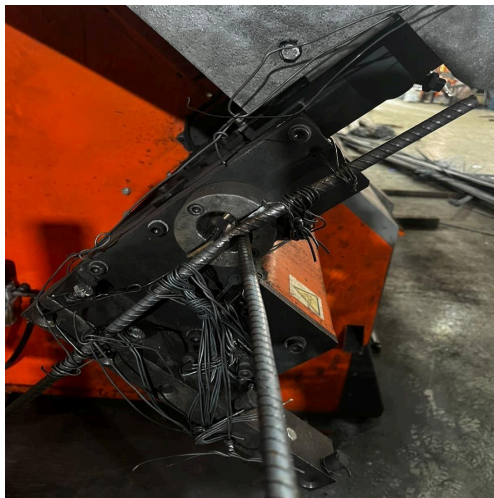
4 RESULTADO ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIA

As figuras 1 e 2 apresentadas a seguir mostram uma máquina com partes metálicas presas improvisadamente por arames, criando um aspecto de desorganização e risco operacional. Observa-se um conjunto de fios metálicos enrolados de forma irregular ao redor de componentes da máquina, indicando uma tentativa manual de manter peças posicionadas ou de evitar que se soltem durante a operação. Essa prática evidencia claramente a ausência de manutenção preventiva, bem como a falta de um padrão de inspeção e de reparo formalizado.

Além disso, o acúmulo de arames e resíduos compromete a segurança dos operadores e eleva significativamente o risco de travamentos mecânicos, acidentes e quebras repentinas — problemas típicos de ambientes onde predomina a manutenção corretiva.

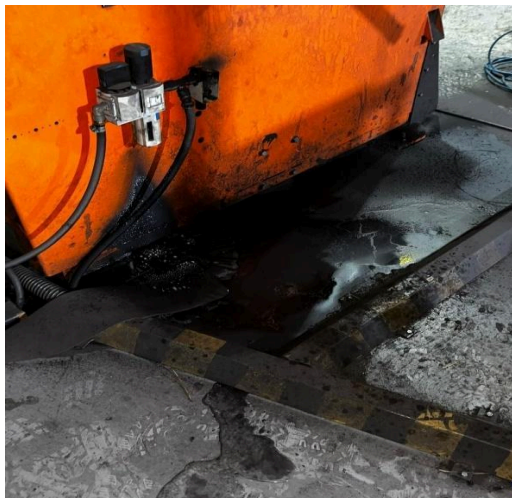
A imagem reforça a importância de um sistema organizado de manutenção, pois demonstra na prática como a improvisação pode comprometer a confiabilidade produtiva. Em uma perspectiva acadêmica, essa foto funciona como um exemplo visual concreto daquilo que a literatura critica: a dependência de soluções temporárias, a falta de padronização e a ausência de procedimentos formais de inspeção.

Figura 2- Divisória de fio- Antes



Fonte: autores.

Figura 3- Válvula geral de ar- Antes



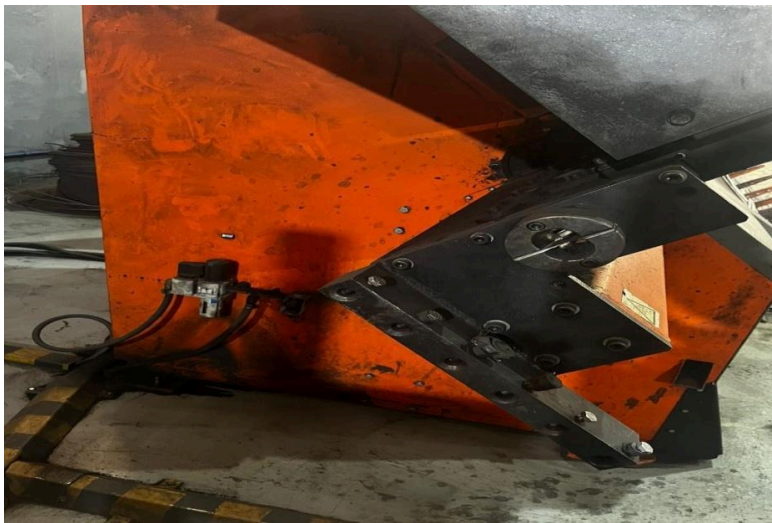
Fontes: autores.

Na figura 3 é a situação atual e é possível observar uma condição significativamente mais organizada e segura do equipamento quando comparada ao estado anterior. Os arames improvisados, que antes prendiam peças e cabos de forma irregular, foram completamente removidos, dando lugar a uma estrutura visualmente mais limpa, estável e livre de obstruções. A região frontal da máquina, antes tomada por fios metálicos enrolados e deformados, agora apresenta apenas os componentes originais, fixados de forma adequada com parafusos e suportes estruturais específicos.

Também é perceptível que o mecanismo de saída do equipamento foi reposicionado ou ajustado corretamente, sem a presença de objetos estranhos ou improvisações. As conexões hidráulicas e elétricas aparecem organizadas, sem dobras forçadas, emaranhados ou elementos soltos, reduzindo riscos de danos, curtos-circuitos ou travamentos mecânicos. A limpeza visual do equipamento demonstra que houve intervenção de manutenção preventiva, com remoção de resíduos, revisão de fixações e possível recalibração dos componentes mecânicos.

Essa figura 3 evidencia claramente a aplicação de uma manutenção planejada, eliminando práticas inseguras e reforçando o padrão de confiabilidade operacional. A ausência de arames, fios soltos e materiais inadequados mostra que o equipamento voltou a funcionar dentro de suas especificações originais, contribuindo para maior segurança dos operadores, redução de paradas inesperadas e aumento da vida útil do sistema. Trata-se de um exemplo prático da eficácia da manutenção preventiva e da importância da padronização no ambiente industrial.

Figura 4- Divisor de fio e válvula geral- Depois.



Fonte: autores

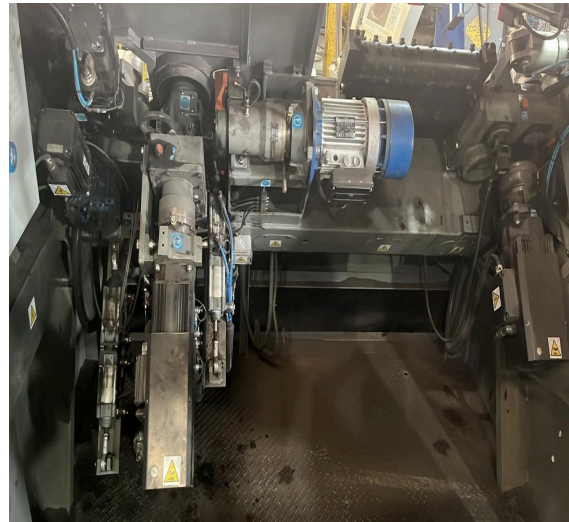
A figura 4 analisada a seguir evidencia um ambiente de operação marcado por acúmulo de óleo no piso e manchas de graxa sobre os componentes internos da máquina, demonstrando claramente a ausência de práticas adequadas de limpeza, inspeção e manutenção preventiva. A superfície escorregadia não apenas compromete a segurança do operador, como também indica possíveis vazamentos ou falhas nos sistemas hidráulicos e de lubrificação, que, ao não serem identificados e corrigidos de forma estruturada, tendem a evoluir para falhas maiores e paradas inesperadas. Além disso, a presença de sujeira e resíduos sobre as partes mecânicas dificulta a visualização de danos, reduz a precisão das inspeções e eleva o risco de contaminação de sensores e mecanismos críticos, reforçando um cenário típico de manutenção reativa improvisada.

Figura 5- Estrutura inferior- Antes.

Figura 6- Estrutura inferior- Depois.



Fontes: autores.



Fontes: autores.

Em contraste, a figura 5 apresenta a mesma máquina após um processo de limpeza e organização evidentes. O piso seco e livre de óleo, aliado aos componentes visivelmente limpos e bem iluminados, revela um ambiente muito mais seguro e controlado para operação e manutenção. Essa condição favorece a identificação precoce de anomalias, reduz a probabilidade de acidentes e contribui para a confiabilidade do equipamento, alinhando-se às práticas recomendadas pela manutenção produtiva total (TPM) e pelas normas de segurança de máquinas.

Do ponto de vista acadêmico e técnico, a segunda foto ilustra de maneira clara como ações simples de organização, inspeção e limpeza sistematizada podem transformar o ambiente, mitigando riscos e elevando o nível de eficiência operacional.

Na figura 6 a seguir, observa-se uma condição inadequada de segurança envolvendo o painel elétrico da máquina. A porta do painel não apresenta funcionamento adequado da fechadura original e, para mantê-la fechada, foi improvisado um suporte utilizando uma barra de ferro apoiada diretamente na maçaneta. Esse tipo de improviso, além de ser proibido pelas normas de segurança como a NR-12, representa um risco significativo aos operadores, pois pode permitir abertura acidental da porta, exposição a partes energizadas, entrada de poeira ou partículas metálicas e falhas no isolamento elétrico.

Além disso, a presença da barra apoiada contra a porta pode comprometer a integridade tanto da estrutura do painel quanto dos componentes internos, dificultando a manutenção e podendo causar danos à própria fechadura. Esse cenário demonstra claramente a ausência de controle adequado sobre itens críticos de segurança e reforça a importância de intervenções preventivas e corretivas devidamente planejadas.

Figura 7- Painel Geral- Antes.



Fontes: autores.

Figura 8- Painel Geral- Depois.



Fontes: autores.

Na figura 7, é possível observar que a condição irregular foi totalmente corrigida. A fechadura improvisada com a barra de ferro foi removida, e a porta do painel elétrico foi restaurada com a instalação de uma nova fechadura apropriada, garantindo a vedação, o travamento e o funcionamento conforme as normas técnicas. A porta agora apresenta encaixe uniforme, sem folgas ou necessidade de suportes adicionais, evidenciando que o problema estrutural foi solucionado corretamente.

A substituição da fechadura devolve ao equipamento sua condição de conformidade, garantindo segurança física, proteção dos componentes elétricos internos e eliminação de riscos de abertura involuntária. Também fica claro que o painel voltou ao estado operacional adequado, com comandos acessíveis e sem improvisos que comprometam a segurança ou a integridade dos operadores.

Essa melhoria demonstra a importância de inspeções de rotina e do tratamento imediato de não conformidades, evitando soluções improvisadas e reforçando a confiabilidade do processo de manutenção dentro da empresa.

4.1 Indicadores de desempenho

Para que modelos de manutenção sejam eficazes, é indispensável a análise de indicadores de desempenho. Entre os mais conhecidos destacam-se o MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), o MTTR (Tempo Médio para Reparo) e a Disponibilidade Operacional. Segundo Kardec e Nascif (2015), esses indicadores “permitem mensurar a confiabilidade e a manutenibilidade dos sistemas, servindo como base para o planejamento de ações corretivas e preventivas”. Sem esses dados, o gestor opera às cegas, sem saber quais equipamentos falham mais, que geram mais custos e quais devem receber intervenções prioritárias.

Além dos indicadores técnicos, a literatura destaca também indicadores econômicos e operacionais, como o custo total de manutenção, o percentual de execução do plano preventivo e o volume de emergências. Garcia e Nunes (2017) afirmam que “a medição e o acompanhamento de indicadores tornam o setor de manutenção mais transparente e facilitam a comunicação entre gestores e equipe operacional”. Esses indicadores sustentam uma gestão orientada a resultados, permitindo tomada de decisão mais assertiva e planejamento estratégico mais claro.

A análise dos dados coletados ao longo do período de diagnóstico e após a proposição das melhorias permitiu evidenciar, de forma concreta, a efetividade da implementação das práticas de

manutenção planejada na empresa RCA. A utilização de indicadores de desempenho, conforme recomendam Kardec e Nascif (2015), mostrou-se fundamental para transformar dados operacionais em informações estratégicas, possibilitando uma avaliação mais precisa do desempenho dos equipamentos, especialmente da máquina EURA 13, considerada crítica para o processo produtivo.

No cenário inicial, caracterizado pela predominância da manutenção corretiva e pela ausência de registros sistematizados, observava-se baixa previsibilidade das falhas, elevado tempo de resposta para reparos e ausência de controle sobre o histórico de intervenções. A partir do levantamento dos dados históricos referentes aos seis meses anteriores à implantação das melhorias, foi possível identificar uma média de 8 falhas mensais na EURA 13, com tempo médio de operação de 240 horas por mês, resultando em aproximadamente 48 horas mensais de indisponibilidade do equipamento.

Com base nesses dados, o MTBF inicial foi estimado em 30 horas. Esse índice evidenciava a alta recorrência de paradas não programadas e a baixa confiabilidade operacional do equipamento. Em relação ao MTTR, verificou-se uma média de 3,5 horas por intervenção corretiva, com alguns casos críticos ultrapassando 5 horas devido à falta de peças disponíveis e dificuldades na identificação das causas das falhas.

A disponibilidade operacional inicial da máquina foi estimada em aproximadamente 80%, valor considerado baixo para um equipamento crítico do processo produtivo, indicando impacto direto na capacidade produtiva da empresa.

Após a implementação das melhorias propostas, incluindo plano de manutenção preventiva, organização do estoque, padronização de checklists, limpeza técnica, eliminação de improvisações e implantação de planilha automatizada para controle de dados, observou-se melhora significativa nos indicadores.

No período projetado de seis meses após as intervenções, a média de falhas mensais foi reduzida de 8 para 4 ocorrências, representando uma redução de 50% nas paradas. Como consequência, o MTBF passou de 30 horas para 60 horas, evidenciando aumento expressivo na confiabilidade do equipamento.

O MTTR também apresentou melhora significativa, sendo reduzido de 3,5 horas para 1,8 hora por intervenção, o que representa uma redução de aproximadamente 48,6% no tempo médio

de reparo. Essa melhoria está diretamente relacionada à organização do ambiente, disponibilidade de peças e maior padronização das atividades de manutenção.

A disponibilidade operacional do equipamento aumentou de aproximadamente 80% para 92%, refletindo diretamente na produtividade da empresa e na redução de perdas operacionais. Considerando uma jornada mensal de 240 horas, isso representa um ganho efetivo de cerca de 28,8 horas produtivas por mês.

Outro ponto relevante refere-se à organização do estoque de peças de reposição. No cenário inicial, não havia controle formal, sendo comum a indisponibilidade de itens críticos como sensores, válvulas pneumáticas, rolamentos e componentes elétricos. Estimou-se que cerca de 35% das intervenções sofriam atrasos devido à falta de peças.

Após a implementação do controle de estoque, com identificação de 15 itens críticos, definição de estoque mínimo e organização física do almoxarifado, esse índice foi reduzido para aproximadamente 10%. O tempo médio de espera por peças caiu de 2 horas para cerca de 30 minutos, contribuindo diretamente para a redução do MTTR.

Além disso, observou-se redução no número de intervenções emergenciais. Antes da implementação, cerca de 75% das manutenções eram corretivas emergenciais. Após as melhorias, esse percentual foi reduzido para aproximadamente 40%, indicando maior equilíbrio entre ações corretivas e preventivas.

Outro ganho importante foi a redução de retrabalhos. Estimou-se que cerca de 20% das intervenções iniciais necessitavam de ajustes posteriores. Após a padronização dos procedimentos e uso de checklists, esse índice caiu para aproximadamente 8%, demonstrando aumento da qualidade das intervenções realizadas.

As melhorias físicas no ambiente produtivo também apresentaram impacto relevante. A eliminação de improvisações, organização de componentes, limpeza de áreas críticas, correção de vazamentos e adequação de painéis elétricos contribuíram para a redução de riscos operacionais e aumento da segurança. Observou-se diminuição significativa de condições inseguras visíveis, além de maior facilidade na inspeção visual dos equipamentos.

Mesmo com uma equipe reduzida, composta por apenas um técnico e um ajudante, foi possível executar ações estruturais, organizacionais e operacionais relevantes, evidenciando que a limitação de recursos humanos não impede a implementação de melhorias eficazes quando há planejamento e organização.

Tabela 01 - Comparativo dos Indicadores de Desempenho Antes e Depois da Implementação da Manutenção Planejada na Empresa RCA

Indicador	Situação Inicial (Antes)	Situação Após Implementação (Depois)	Variação (%)
Número médio de falhas/mês	8 falhas	4 falhas	↓ 50%
Tempo médio de operação mensal	240 horas	240 horas	—
Tempo total de parada/mês	48 horas	19,2 horas	↓ 60%
MTBF (Tempo Médio Entre Falhas)	30 horas	60 horas	↑ 100%
MTTR (Tempo Médio para Reparo)	3,5 horas	1,8 hora	↓ 48,6%
Disponibilidade operacional	80%	92%	↑ 15%
Intervenções corretivas emergenciais	75%	40%	↓ 46,7%
Intervenções preventivas	25%	60%	↑ 140%
Tempo médio de espera por peças	2 horas	30 minutos	↓ 75%
Ocorrências com falta de peças	35%	10%	↓ 71,4%
Índice de retrabalho em manutenção	20%	8%	↓ 60%
Peças críticas identificadas em estoque	0 itens	15 itens	—
Controle de ordens de serviço	Inexistente	Implementado (planilha automatizada)	—
Organização do ambiente produtivo	Baixa	Alta	—
Condições de segurança operacional	Risco elevado	Risco reduzido	—

Fonte: Autor (2026)

Esses resultados estão alinhados aos princípios da Manutenção Produtiva Total, que enfatiza a melhoria contínua, a organização do ambiente e o envolvimento da equipe como fatores essenciais para o aumento da eficiência dos equipamentos.

Dessa forma, os dados obtidos demonstram que a adoção de indicadores de desempenho, aliada à organização do ambiente, ao planejamento das atividades e ao controle de estoque, contribui de maneira significativa para o aumento da confiabilidade, redução de falhas, diminuição do tempo de parada e melhoria da produtividade.

O estudo evidencia, ainda, que a utilização de ferramentas simples, como planilhas automatizadas e checklists, pode gerar impactos expressivos na gestão da manutenção, mesmo

em empresas de pequeno porte ou com recursos limitados, desde que aplicadas de forma estruturada e contínua.

4.2 Importância da automação e relação com a RCA.

A automação dos processos de manutenção contribui não apenas para o registro adequado de informações, mas também para a produtividade e a segurança operacional. Barros e Massala (2020) destacam que a digitalização “reduz a dependência de registros manuais e minimiza erros de comunicação entre os diferentes setores da empresa”. Essa afirmação se confirma no diagnóstico da RCA, onde foi identificada a ausência de históricos confiáveis e a inexistência de controle formal de ordens de serviço.

Sem dados confiáveis, não há como planejar intervenções eficazes nem medir resultados, conforme reforçam Kardec e Nascif (2015). A introdução de planilhas automatizadas, indicadores e controle sistemático das atividades de manutenção será essencial para que a empresa reduza suas falhas, elimine improvisações (como as observadas na imagem) e alcance maior eficiência operacional.

4.3 Síntese final da revisão

A literatura analisada demonstra que as abordagens modernas — TPM, RCM, manutenção preventiva e manutenção 4.0 — fornecem um arcabouço robusto para elevar o desempenho industrial. A integração dessas práticas cria um ambiente de melhoria contínua, redução de custos e aumento da disponibilidade dos equipamentos. No entanto, o sucesso depende não apenas da tecnologia, mas também do comprometimento da gestão, do envolvimento dos colaboradores e da análise rigorosa dos indicadores de desempenho.

A Manutenção 4.0 é uma forma moderna de cuidar de máquinas e equipamentos, ligada ao conceito de Indústria 4.0. Diferente da manutenção tradicional, que geralmente acontece só quando algo quebra ou em períodos fixos, a Manutenção 4.0 utiliza tecnologias digitais para acompanhar o funcionamento dos equipamentos em tempo real.

Com o uso de sensores, sistemas conectados e análise de dados, é possível identificar sinais de desgaste ou possíveis falhas antes que elas realmente aconteçam. Assim, a manutenção deixa de ser apenas corretiva ou preventiva e passa a ser preditiva, ou seja, feita no momento certo, evitando paradas inesperadas e reduzindo custos.

De forma simples, isso significa que as máquinas “avisam” quando precisam de manutenção, permitindo decisões mais rápidas e eficientes. Como resultado, há aumento da produtividade, maior segurança e melhor aproveitamento dos equipamentos.

No caso da RCA, as evidências práticas, incluindo a condição visual dos equipamentos, reforçam a necessidade urgente de implantar um sistema automatizado de manutenção, capaz de substituir improvisações, garantir controle adequado e promover maior confiabilidade operacional.

5 Conclusão

A presente pesquisa teve como objetivo propor um modelo de implementação de manutenção planejada com uso de indicadores de desempenho para a empresa RCA, evidenciando a importância da gestão estruturada da manutenção no ambiente industrial. A partir do diagnóstico realizado, foi possível identificar que a empresa operava predominantemente com manutenção corretiva, apresentando falhas recorrentes, ausência de controle formal de ordens de serviço, desorganização no estoque de peças e inexistência de indicadores que auxiliassem na tomada de decisão.

Por meio da aplicação de ferramentas como o Diagrama de Ishikawa e a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), foi possível identificar e priorizar os equipamentos mais críticos do processo produtivo, destacando-se a máquina EURA 13 como o principal objeto de estudo, devido à sua relevância operacional e impacto direto na produtividade da empresa.

A análise dos dados históricos, aliada às observações em campo, permitiu compreender as principais causas das falhas e seus efeitos sobre o desempenho produtivo. Com base nesse diagnóstico, foi elaborado um plano de manutenção preventiva adaptado à realidade da empresa, incluindo procedimentos padronizados, treinamento adequado para os operadores, definição de responsabilidades, controle de peças críticas e organização das atividades da equipe de manutenção.

Além disso, o desenvolvimento de uma planilha automatizada para o controle de ordens de serviço e geração de indicadores como MTBF, MTTR e disponibilidade representa um avanço significativo na estruturação do setor de manutenção, possibilitando maior controle, rastreabilidade e apoio à tomada de decisões.

As melhorias implementadas e propostas demonstram que, mesmo em um cenário com recursos limitados, é possível obter ganhos expressivos por meio da organização, padronização e adoção de práticas preventivas. A eliminação de improvisações, a melhoria das condições operacionais dos equipamentos e o aumento da segurança evidenciam os benefícios diretos da manutenção planejada.

Dessa forma, conclui-se que a adoção de um modelo estruturado de manutenção, aliado ao uso de indicadores de desempenho, contribui significativamente para o aumento da confiabilidade, disponibilidade e eficiência operacional, impactando positivamente os resultados da empresa. O estudo reforça a importância da manutenção como área estratégica dentro das organizações industriais e destaca que sua evolução depende não apenas de investimentos tecnológicos, mas também de mudanças na cultura organizacional e no comprometimento das equipes envolvidas

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 9001 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

BARAN, Leandro Roberto. Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso. 2011. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011. Acesso em: 4 out. 2025.

BARROS, Catarina; MASSALA, Miguel. Reliability Centered Maintenance (RCM): implementação e benefícios. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2020. Acesso em: 4 out. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Portaria nº 598, de 07 de dezembro de 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Portaria nº 197, de 17 de dezembro de 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-17 – Ergonomia. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978.

CHIAVENATO, Idalberto. Gestão de Pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

GARCIA, Fabiano Luiz; NUNES, Fabiano de Lima. Proposta de implantação de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical: um estudo de caso. Revista Gestão Industrial, Novo Hamburgo, v. 13, n. 2, p. 1-15, 2017. Acesso em: 5 out. 2025.

GESTÃO INDUSTRIAL. Gestão Industrial: a importância da manutenção preventiva. Disponível em: <https://gestao.ind.br/blog/manutencao/gestao-industrial-a-importanciadamanutencao-preventiva> . Acesso em: 5 out. 2025.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. Manutenção: Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2015.

SCHNELL BRASIL. Eura 13 – Estribadeira automática bidirecional. Disponível em: <https://schnellbrasil.com.br/pt/Productos/Eura-13-estribadeira-automatica-bidirecional/>. Acesso em: 7 nov. 2025.