

## A IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM INDÚSTRIAS: um estudo de caso

**THE IMPORTANCE AND BENEFITS OF IMPLEMENTING PREDICTIVE MAINTENANCE IN INDUSTRIES: a case study.**

Felipe Eduardo Ortegosa – felipeortegosa2020@gmail.com.br  
 Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil.

Daniela Rodolpho – daniela.rodolpho@fatec.sp.gov.br  
 Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil.

DOI: 10.31510/infa.v21i2.2091  
 Data de submissão: 27/09/2024  
 Data do aceite: 23/11/2024  
 Data da publicação: 20/12/2024

### RESUMO

A crescente demanda por eficiência operacional e redução de custos nas indústrias estimularam a busca por métodos de manutenção mais eficazes, com destaque para a manutenção preditiva. Este artigo investiga a importância e os benefícios da implantação da manutenção preditiva em indústrias, com um estudo de caso em uma Indústria do ramo alimentício, responsável por produzir polpas integrais e concentradas derivadas de frutas tropicais (abacaxi, goiaba e manga) e que ainda não utiliza essa metodologia. O objetivo é examinar como a manutenção preditiva pode otimizar a gestão de ativos, reduzir custos e aumentar a eficiência operacional. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, utilizando entrevistas semi-estruturadas com gestores e técnicos. A Empresa enfrenta desafios, como paradas não planejadas e altos custos de manutenções designadas a corretivas. Os resultados das entrevistas indicam uma percepção positiva sobre a manutenção preditiva, destacando expectativas de redução de custos, diminuição do tempo de inatividade e aumento da produtividade, sugerindo que a implementação inicial, apesar de exigir investimentos consideráveis, traz retornos significativos a médio e longo prazo. É possível concluir que a manutenção preditiva pode não somente aumentar a eficiência e reduzir custos, mas também promover um ambiente de trabalho mais seguro e aumentar a moral dos funcionários, o que justifica plenamente os investimentos necessários.

**Palavras-chave:** Confiabilidade. Gestão. Eficiência. Manutenção Preditiva.

### ABSTRACT

The growing demand for operational efficiency and cost reduction in industries has stimulated the search for more effective maintenance methods, with emphasis on predictive maintenance. This article investigates the importance and benefits of implementing predictive maintenance in industries, with a case study in a food industry, whose main products are whole, concentrated pulps derived from tropical fruits (pineapple, guava and mango), and which does not yet use this methodology. The objective is to examine how predictive maintenance can optimize asset

management, reduce costs and increase operational efficiency. The research adopted a qualitative approach, using semi-structured interviews with managers and technicians. The company faces challenges, such as unplanned shutdowns and high costs of corrective maintenance. The results of the interviews indicate a positive perception of predictive maintenance, highlighting expectations of cost reduction, reduced downtime and increased productivity, suggesting that the initial implementation, despite requiring considerable investment, brings significant returns in the medium and long term. It can be concluded that predictive maintenance can not only increase efficiency and reduce costs, but also promote a safer working environment and increase employee morale, which fully justifies the necessary investments.

**Keywords:** Reliability. Management. Efficiency. Predictive Maintenance.

## 1 INTRODUÇÃO

No cenário industrial contemporâneo, a eficiência operacional e a otimização de recursos são fatores determinantes para a competitividade e sustentabilidade das empresas. Diante disso, a manutenção preditiva surge como uma estratégia inovadora e essencial, capaz de alterar a abordagem tradicional de manutenção de ativos (Carmo *et al.*, 2023). Ao contrário das práticas corretivas e preventivas, a manutenção preditiva emprega informações avançadas e análises sofisticadas para prever falhas em equipamentos antes que ocorram, permitindo intervenções planejadas e reduzindo interrupções inesperadas nas operações.

Conforme Pontes (2015), a manutenção é uma necessidade, sendo indispensável para o funcionamento regular e permanente de qualquer equipamento, máquina, ferramentas e até mesmo instalações. Tradicionalmente vista como um custo inevitável, a manutenção tem evoluído para ser reconhecida como um componente estratégico vital para o sucesso das empresas. Atualmente essa abordagem não apenas auxilia para a mitigação dos custos, mas também desempenha um papel importante para o aumento da competitividade de uma empresa ao melhorar a eficiência operacional e prolongar a vida útil dos equipamentos (Filho, 2013).

A relevância deste estudo é reforçada pela necessidade de as empresas adotarem práticas mais eficientes e sustentáveis. De acordo com Freitas (2013), a capacidade de prever falhas e programar ações de manutenção de forma adequada resulta na otimização dos recursos humanos e financeiros, melhor gestão do consumo de peças sobressalentes e redução dos impactos ambientais. Esses benefícios tangíveis e intangíveis destacam a importância de investigar a aplicação prática da manutenção preditiva por meio de um estudo de caso.

O objetivo principal deste trabalho é examinar a relevância da manutenção preditiva como ferramenta eficaz na administração de ativos corporativos, explorando suas vantagens em termos de redução de despesas e aumento de rendimento.

## 2 FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1 História da Manutenção

Segundo Moubray (2001), a história da evolução da manutenção industrial pode ser segmentada em diferentes tipos de gerações, conforme ilustrado na figura 1. O desenvolvimento dos conceitos fundamentais sobre os tipos de manutenção e suas subsequentes classificações são apresentados de acordo com as demandas e mudanças ocorridas em cada etapa.

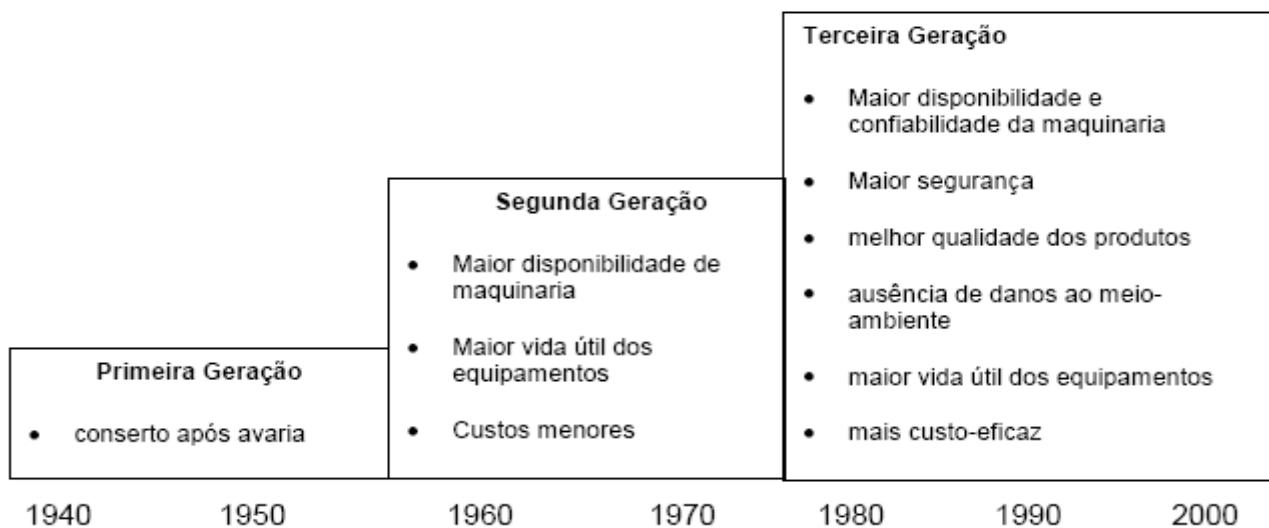


Figura SEQ Figura \\* ARABIC 1 -

Geracões da Manutenção

De acordo com Moubray (2001), com a evolução das práticas de manutenção ao longo das gerações, alguns dos conceitos sobre os tipos mais eficientes de manutenção para o contexto industrial também passaram por mudanças significativas.

Na primeira geração, o conceito predominante era a manutenção corretiva, que se manifestava em diferentes formas, como manutenção programada, não programada, curativa, paliativa e reparo. Esta abordagem caracteriza-se pela realização de intervenções somente após a ocorrência de avarias (Silva *et al.*, 2023).

A segunda geração introduziu a manutenção preventiva, a qual se fundamenta em revisões gerais programadas, sistemas de planejamento e controle do trabalho, e na aplicação crescente da informática. A manutenção preventiva visa antecipar falhas por meio de um planejamento sistemático e controle das condições dos equipamentos (Lima *et al.*, 2024).

Na terceira geração, o foco mudou para a manutenção preditiva, que se baseia em técnicas avançadas de monitoramento das condições dos equipamentos, análise de falhas e estudos de riscos. Esta abordagem surgiu em resposta às crescentes expectativas em relação à manutenção, que demandavam o desenvolvimento de novas tecnologias para assegurar a segurança, qualidade, disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e, consequentemente, dos processos produtivos (Costa da Silva Filho *et al.*, 2021).

## **2.1 Tipos de manutenções industriais**

Diversos autores discutem os diferentes tipos de manutenção, cujas técnicas são responsáveis por realizar intervenções nos equipamentos localizados na linha de produção (Abreu, 2022). Abaixo, seguem os tipos de técnicas de manutenção existentes:

- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva
- Manutenção Preditiva

### **2.1.1 Manutenção Corretiva**

Conforme Viana (2002), a Manutenção Corretiva é a intervenção imediata necessária para prevenir graves consequências aos equipamentos, à segurança dos colaboradores ou ao meio ambiente. Esta modalidade de manutenção é frequentemente referida nas fábricas como “apagar incêndios”.

### **2.1.2 Manutenção Preventiva**

A Manutenção Preventiva pode ser classificada como todo e qualquer serviço de manutenção realizado em máquinas que ainda não apresentaram falhas. O principal objetivo desta abordagem é reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas. Segundo Viana (2002), a manutenção preventiva, quando devidamente planejada, oferece uma série de vantagens em comparação com a manutenção corretiva mencionada anteriormente.

### **2.1.3 Manutenção Preditiva**

Viana (2002) afirma que a manutenção preditiva é baseada na monitoração constante e análise dos dados operacionais dos equipamentos. Utilizando técnicas como análise de vibração, termografia, ultrassom e monitoramento de condições de óleo, é possível identificar sinais de desgaste ou falhas iminentes. Esta técnica se diferencia da manutenção corretiva e preventiva devido à capacidade de prever problemas antes mesmo de eles surgirem, permitindo a realização de intervenções planejadas e evitando interrupções inesperadas.

- **Análise de Vibração:** Permite detectar desequilíbrios, desalinhamentos e folgas mecânicas em componentes rotativos. Técnicas como Fast Fourier Transform (FFT) são utilizadas para decompor sinais de vibração e identificar frequências características de falhas específicas (Martins *et al.*, 2017).
- **Ultrassom:** Detecta sons de alta frequência gerados por fenômenos como cavitação, vazamentos de ar e lubrificação inadequada. A análise de ultrassom é eficaz na identificação precoce de falhas em rolamentos e válvulas (Anderson, 2021).
- **Monitoramento de Condições de Óleo:** Analisa propriedades físicas e químicas do óleo lubrificante, identificando contaminações, degradação e desgaste de componentes internos. Técnicas como espectrometria e análise ferrográfica são empregadas para este fim (Zandonadi & Oliveira, 2021).

## 2.2 Importância da manutenção preditiva na gestão de ativos

Segundo Lima e Silva (2024), a gestão de ativos é crucial para garantir a continuidade operacional e a competitividade de uma indústria. A manutenção preditiva desempenha um papel fundamental nessa gestão ao fornecer informações precisas sobre o estado dos equipamentos, permitindo decisões informadas sobre intervenções necessárias.

- **Disponibilidade dos Ativos:** A manutenção preditiva desempenha um papel crucial na maximização do tempo de operação dos equipamentos, ao prevenir falhas inesperadas e paradas não programadas (Martins *et al.*, 2017).
- **Vida Útil dos Equipamentos:** Intervenções precisas e oportunas são essenciais para prolongar a vida útil dos equipamentos, contribuindo para a otimização do retorno sobre o investimento em ativos (Lima & Silva, 2024).

## **2.3 Benefícios tangíveis e intangíveis da manutenção preditiva**

A Manutenção Preditiva desempenha um papel significativo na promoção da sustentabilidade ambiental, ao mitigar o desperdício de recursos e minimizar os impactos ecológicos das operações (Cruz *et al.*, 2017). Esta abordagem também facilita a implementação de tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT) e a análise preditiva, que permitem uma gestão mais proativa e precisa dos ativos (Lee *et al.*, 2015). A implementação dessas técnicas não só aumenta a eficiência de operação, contudo, também confere uma vantagem competitiva ao assegurar a continuidade das operações e a capacidade de adaptação rápida às mudanças do setor (Kumar *et al.*, 2021). Assim, a manutenção preditiva não só promove a economia e a eficiência, como também fomenta uma cultura de inovação e constante adaptação dentro das organizações (Zhao *et al.*, 2019).

Entre os benefícios intangíveis, destacam-se a melhoria da segurança no ambiente de trabalho, maior satisfação dos colaboradores e clientes, e a criação de uma cultura organizacional orientada à inovação e eficiência (Jardim *et al.*, 2022).

### **2.3.1 Benefícios tangíveis**

Existem uma série de benefícios tangíveis que impactam diretamente na eficiência operacional e a saúde financeira das organizações. Entre os principais benefícios, destacam-se:

- **Redução dos Custos com Reparos e Substituições Emergenciais:** Com a visualização antecipada de possíveis falhas, a manutenção preditiva auxilia na execução de reparos planejados, mitigando assim a necessidade de realizar intervenções emergenciais dispendiosas (Moubray, 2001).
- **Diminuição do Tempo de Inatividade:** A manutenção preditiva contribui para a redução do tempo de inatividade não planejada ao otimizar o uso dos equipamentos, resultando em um aumento da produção e da receita. Este aumento na disponibilidade operacional é fundamental para maximizar a eficiência e a rentabilidade das operações (Zandonadi & Oliveira, 2021).
- **Otimização da Alocação de Recursos de Manutenção:** Ao prever as necessidades de manutenção com base em dados reais e análises preditivas, é possível alocar recursos de forma mais eficiente, evitando o desperdício de tempo e materiais. Segundo Zandonadi e Oliveira (2021), esta abordagem permite uma gestão mais eficaz dos recursos, melhorando a eficácia geral das atividades de manutenção.

### 2.3.2 Benefícios intangíveis

Existem uma série de benefícios intangíveis que impactam positivamente o ambiente de trabalho e a imagem corporativa da empresa. Entre os principais benefícios, destacam-se:

- **Aumento da Segurança Operacional:** A implementação de práticas preditivas contribui significativamente para a redução do risco de acidentes e falhas catastróficas. A identificação antecipada de possíveis problemas e a realização de manutenções programadas promovem um ambiente de trabalho mais seguro, protegendo os colaboradores e a integridade das operações (Kumar *et al*, 2021).
- **Melhoria do Moral dos Funcionários:** A percepção de um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente melhora o moral dos funcionários. Com a garantia de operações seguras e uma gestão proativa, os colaboradores se sentem mais valorizados e confiantes em suas atividades, o que pode resultar em um aumento na satisfação e na produtividade (Johnson & Lee, 2023).
- **Fortalecimento da Imagem Corporativa:** A manutenção preditiva também contribui para a melhoria da imagem corporativa perante clientes e stakeholders. A confiabilidade e a sustentabilidade das operações destacam a organização como um exemplo de boa prática e responsabilidade, reforçando a confiança e o respeito no mercado (Anderson, 2021).

## 3 METODOLOGIA DE ESTUDOS

A pesquisa foi conduzida utilizando uma abordagem qualitativa, com a realização de um estudo de caso em uma empresa do setor industrial que ainda não implantou a manutenção preditiva. Todos os dados foram coletados através de entrevistas semi-estruturadas com gestores e técnicos, explorando a percepção dos mesmos sobre os possíveis impactos da implementação da manutenção preditiva. A seleção da empresa foi baseada na ausência de um sistema de manutenção preditiva e na disponibilidade de informações detalhadas sobre seus processos de manutenção atuais.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 Apresentação da empresa selecionada

A empresa escolhida para este estudo é uma companhia do setor alimentício de médio porte, responsável pela produção de polpas integrais e concentradas, localizada no Sudeste do

Brasil, especificamente no interior de São Paulo. Fundada há 20 anos, a empresa possui uma planta industrial diversificada, empregando aproximadamente 300 colaboradores nos períodos de safra.

#### **4.2 Contexto atual e desafios**

A empresa enfrenta desafios relacionados à manutenção de seus equipamentos, incluindo custos elevados de reparos emergenciais. A mesma atualmente utiliza métodos de manutenção preventiva e corretiva, com resultados inconsistentes na redução do tempo de inatividade e na otimização dos custos operacionais. Dentre os principais desafios, destacam-se:

- 1. Frequentes paradas:** As paradas inesperadas têm grandes impactos negativos a produção, resultando em interrupções e atrasos.
- 2. Custos elevados:** Os reparos emergenciais e substituições de componentes são onerosos e recorrentes, afetando e trazendo prejuízos financeiros para empresa.
- 3. Eficiência Operacional:** A falta de um sistema eficiente de manutenção preditiva limita a capacidade da empresa de maximizar a disponibilidade dos ativos e reduzir o tempo de inatividade.

#### **4.3 Perspectivas e expectativas**

As entrevistas revelaram que os gestores e técnicos têm uma visão positiva sobre a possível implementação da manutenção preditiva. Eles argumentam que essa tática pode trazer diversos benefícios, como a diminuição dos custos de manutenção, a diminuição do tempo de inatividade dos equipamentos e o aumento da produtividade. Além disso, os entrevistados destacaram a importância de um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente. Abaixo, listamos cinco benefícios citados pelos colaboradores:

- 1. Redução de custos:** A expectativa é de que a manutenção preditiva permita a identificação e correção precoce de problemas, reduzindo a necessidade de reparos emergenciais.
- 2. Diminuição de inatividade:** A capacidade de prever falhas e planejar intervenções pode minimizar paradas não planejadas.
- 3. Aumento da produtividade:** A disponibilidade contínua dos equipamentos é vista como uma forma de melhorar a eficiência produtiva.

### **5 ANÁLISE E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos das entrevistas e análises documentais indicam que a implementação da manutenção preditiva na empresa pode trazer benefícios significativos na gestão de ativos industriais. A redução potencial nos custos e no tempo de inatividade dos equipamentos demonstra o impacto positivo esperado desta estratégia (Meireles, 2021). A análise sugere que, embora a implementação inicial possa exigir investimentos significativos, os retornos obtidos a médio e longo prazo justificam amplamente esses investimentos.

A implementação desta técnica certamente trará benefícios, como a redução de custos de operação. Outro ponto relevante a ser considerado é a redução do estoque de sobressalentes para suprir as peças danificadas, o que também terá um impacto significativo na redução dos custos operacionais (Rodrigues *et al*, 2023; Kumar, 2021).

- **Investimentos Iniciais:** Incluem a compra de sensores, software e treinamento das equipes, esses custos iniciais representam uma barreira financeira significativa para muitas organizações, que podem precisar de planejamento financeiro detalhado para superar essa etapa.
- **Retorno sobre Investimento (ROI):** O ROI é alcançado através da economia em custos de manutenção, aumento de produtividade e extensão da vida útil dos equipamentos. Esses fatores contribuem para uma significativa economia financeira e operacional.
- **Impactos Intangíveis:** É importante efetuar a melhoria na segurança e no ambiente de trabalho resulta em um impacto positivo na cultura organizacional e na imagem corporativa da empresa.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidencia a importância e os benefícios da manutenção preditiva em indústrias, com base em um estudo de caso detalhado. A manutenção preditiva mostrou-se uma ferramenta promissora e eficaz para a administração de ativos, proporcionando uma significativa redução de custos operacionais e um aumento substancial na produtividade geral. Além disso, a adoção dessa abordagem contribui para a melhoria da segurança operacional ao antecipar falhas e problemas, minimizando o risco de acidentes e paradas inesperadas. Dessa forma, o local de trabalho torna-se mais eficiente e seguro.

A metodologia de manutenção também torna possível uma utilização mais eficiente dos recursos e uma orientação mais precisa dos equipamentos, o que aumenta a vida útil dos

equipamentos e reduz os desperdícios. Futuras pesquisas podem explorar a aplicação desta metodologia em diferentes setores industriais, além de investigar os impactos a longo prazo sobre a sustentabilidade e a eficiência operacional. Tais estudos poderiam avaliar a integração da manutenção preditiva com tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e a análise de dados avançada, e como essas inovações podem potencializar ainda mais os benefícios observados.

## REFERÊNCIAS

ABREU, T. R. de. **Main concepts in the implementation of systematic maintenance in industries**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e23911124652, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24652>. Acesso em: 2 set. 2024.

ANDERSON, C. The Role of Predictive Maintenance in Enhancing Corporate Reputation and Stakeholder Trust. **Journal of Business Ethics**, v. 170, n. 3, p. 451-465, 2021.

CARMO, Marcelo Magalhaes do. *et al.* **Desenvolvendo em escala industrial modelos para manutenção preditiva na siderurgia**, p. 385-398. In: 25º Seminário de Automação e TI, São Paulo, 2023.

COSTA DA SILVA FILHO, L. *et al.* **Gestão da manutenção na indústria 4.0**. Revista Mythos, v. 15, n. 1, p. 7-19, 28 jun. 2021.

CRUZ, C. O. *et al.* Sustainable Maintenance: An Overview. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2304-2315, 2017.

DA SILVA, Renan. **Estrutura de gerenciamento de manutenção para a gestão de ativos físicos**. 2022. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

FILHO, Luis. **Manutenção por Análise de Vibrações: Uma Valiosa Ferramenta para Gestão de Ativos**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval e Oceânica) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FREITAS, Gabriel. **Eficiência energética em motor de indução trifásico através do uso de inversor de frequência PWM**. 2013. 85p. Dissertação de Monografia em Engenharia Elétrica - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/server/api/core/bitstreams/aa55e7ba-b8ff-4d91-ab09-4b0152178c03/content>. Acesso em: 02 abr. 2024.

JARDIM, A. *et al.* **Sustainability and Resource Management**. Environmental Studies Review, v. 2022.

JOHNSON, A.; LEE, B. Impact of Predictive Maintenance on Employee Morale and Workplace Efficiency. **Journal of Organizational Behavior**, v. 58, n. 2, p. 120-135, 2023.

KUMAR, V. *et al.* Advances in Maintenance Management. **International Journal of Production Economics**, v. 232, p. 108-123, 2021

LEE, J. *et al.* Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. Procedia CIRP, v. 16, p. 3-8, 2014.

LIMA, A. A. de; SILVA, L. C. da. Gestão de ativos – manutenção preventiva de ferramentais por utilização. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e71227, 2024. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/71227>. Acesso em: 2 set. 2024.

LIMA, B. B. *et al.* Estratégias de manutenção na indústria. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. e3898, 2024.

MARTINS, M. *et al.* Análise da aplicação da FFT (Fast Fourier Transform) no diagnóstico de falha em máquinas rotativas. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, [S. l.], v. 2, n. 15, p. 43–54, 2017.

MEIRELES, Lucas. **MANUTENÇÃO PREDITIVA**. 2021. 32 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Unopar (Universidade Norte do Paraná), Cascavel, 2021.

MOUBRAY, J. **Reliability-Centered Maintenance**. 2. New York: Industrial Press, 2001.

PONTES, A. **Introdução a Manutenção de Máquinas e Equipamentos**. 2015. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/introduo-a-manuteno-de-mquinas-e-equipamentos/47537901>. Acesso em: 1 set. 2024.

RODRIGUES, A. *et al.* Estudo de opções para implementação de manutenção preditiva no contexto da indústria 4.0. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.], v. 8, pág. 23133–23154, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/61839>. Acesso em: 13 set. 2024.

SILVA, D. de O. *et al.* Manutenção preditiva - análise de vibrações na indústria 4.0. **REVISTA FOCO**, [S. l.], v. 16, n. 11, p. e3628, 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/3628>. Acesso em: 2 sep. 2024.

VIANA, H. **PCM, Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro. Qualitymark Ed. 2002.

ZANDONADI, R. P., & OLIVEIRA, M. S. **Análise de Custos em Manutenção Preditiva**. Engenharia de Manutenção, 2021.

ZHAO, Rui Feng. *et al.* Deep learning and its applications to machine health monitoring: A survey. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, v. 30, n. 1, p. 161-175, 2019.