



## UMA ANÁLISE DE VIBRAÇÕES COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

### VIBRATION ANALYSIS AS A PREDICTIVE MAINTENANCE TOOL IN INDUSTRIAL EQUIPMENT

Magno Felipe Holanda Barboza Inácio Teixeira<sup>1</sup>  
magno.felipe.teixeira@gmail.com

#### RESUMO

A negligência em realizar uma análise de vibrações em equipamentos em linha de produção pode ter consequências graves para a operação de uma empresa. Muitas organizações subestimam a importância dessa prática, levando a falhas inesperadas e custos elevados. As vibrações são um indicativo crucial de problemas, como desbalanceamentos, desalinhamentos e desgastes, que, se não detectados a tempo, podem resultar em paradas não programadas e até danos irreparáveis às máquinas. A análise de vibrações é uma técnica essencial na manutenção preditiva, permitindo a detecção precoce de falhas em equipamentos industriais. Este trabalho investiga a importância da análise de vibrações na maximização da eficiência operacional, na redução de custos e na prevenção de acidentes. Através da revisão de literatura, busca-se demonstrar como a implementação dessa técnica pode transformar a gestão da manutenção em diversos setores. A análise de vibrações não apenas protege os ativos e reduz custos, mas também é um elemento fundamental para garantir a eficiência, a segurança e a sustentabilidade das operações industriais. Investir nessa prática é essencial para qualquer empresa que busca se destacar em um mercado cada vez mais competitivo e dinâmico.

**Palavras-chave:** Vibrações; Manutenção; Eficiência.

#### ABSTRACT

Negligence in carrying out a vibration analysis on production line equipment can have serious consequences for a company's operation. Many organizations underestimate the importance of this practice, leading to unexpected failures and high costs. Vibrations are a crucial indicator of problems, such as unbalance, misalignment and wear, which, if not detected in time, can result in unscheduled downtime and even irreparable damage to the machines. Vibration analysis is an essential technique in predictive maintenance, allowing early detection of failures in industrial equipment. This work investigates the importance of vibration analysis in maximizing operational efficiency, reducing costs and preventing accidents. Through a literature review, we seek to demonstrate how the implementation of this technique can transform maintenance management in different sectors. Vibration analysis not only protects assets and reduces costs, but is also a fundamental element in ensuring the efficiency, safety and sustainability of industrial operations. Investing in this practice is essential for any company that seeks to stand out in an increasingly competitive and dynamic market.

---

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.



**Keywords:** Vibrations; Maintenance; Efficiency.

## 1 INTRODUÇÃO

A análise de vibrações em equipamentos é uma prática importante na manutenção preditiva e na gestão da performance de máquinas. Quando negligenciada, essa análise pode levar a sérios problemas operacionais e financeiros para a empresa em questão. As vibrações em equipamentos, como motores, compressores e bombas, são indicativas de desbalanceamentos, desalinhamentos ou desgastes e, não podem ser menosprezadas. Ignorar esses sinais pode resultar em falhas catastróficas, paradas não programadas e custos elevados de reparo para organização (BUENO, 2010).

Um dos principais descuidos na análise de vibrações é a falta de monitoramento regular. Muitos gestores subestimam a importância de uma rotina de medições, acreditando que os equipamentos estão funcionando corretamente apenas porque não apresentam ruídos ou falhas visíveis. Essa abordagem pode ser enganosa, pois vibrações anormais podem se acumular ao longo do tempo, levando a um desgaste excessivo e eventual quebra. Além disso, a ausência de um histórico de dados dificulta a identificação de tendências e a tomada de decisões informadas (SPAMER, 2009).

Outro ponto crítico é a interpretação inadequada dos dados de vibração. Profissionais sem treinamento específico podem não reconhecer padrões que indicam problemas iminentes. A análise correta requer conhecimento sobre os limites aceitáveis de vibração para cada tipo de equipamento, bem como a capacidade de identificar anomalias. Uma interpretação errônea pode levar a intervenções desnecessárias ou, pior ainda, à subestimação de um problema grave (MAIS & BRADY, 2002).

Além disso, a falta de integração entre as equipes de manutenção e operação pode agravar o descuido na análise de vibrações. A comunicação deficiente impede que informações valiosas sobre o desempenho do equipamento sejam compartilhadas. Os operadores, que lidam diretamente com as máquinas, podem notar mudanças sutis, mas, sem um canal adequado para relatar esses dados, as questões permanecem sem solução (RAO, 2009).

A escolha inadequada de equipamentos de medição também é um fator de risco. Investir em tecnologias obsoletas ou ineficientes podem resultar em dados imprecisos, levando a decisões mal fundamentadas. Os equipamentos modernos de análise de vibrações oferecem funcionalidades avançadas, como a coleta de dados em tempo real e a análise por inteligência artificial e, não utilizá-los é um erro que pode custar caro a longo prazo (VANCE *et al.*, 2010).

Ou seja, o treinamento contínuo das equipes é essencial. A indústria deve estar em constante evolução em suas práticas de conservação e manutenção dos equipamentos de produção, e novas técnicas e tecnologias surgem regularmente (VICENTE *et al.*, 2021). Como também, ignorar a capacitação dos profissionais encarregados da análise de vibrações pode resultar em uma equipe desatualizada, incapaz de identificar e solucionar problemas adequadamente.

Atualmente, é vital que as empresas compreendam o retorno sobre o investimento (*Return on Investment* - ROI) que a análise de vibrações pode proporcionar. O custo inicial com equipamentos e treinamento pode ser elevado, mas a prevenção de falhas e a otimização do desempenho dos equipamentos geram economias significativas ao longo do tempo (FRANÇA & SOTELO, 2013). Ignorar essa análise não é apenas uma questão de manutenção, mas sim de estratégia de negócios.

### 1.1 Tipos de Manutenção Industrial

Sabe-se que a manutenção é fundamental para garantir a eficiência e a durabilidade de equipamentos e sistemas. Ela é classificada, principalmente, em três tipos, cada uma com suas características e objetivos específicos (TELES, 2024; KARDEC & NASCIF, 2012).

A manutenção corretiva, que é realizada após a falha do equipamento, tem o objetivo de restaurar a operação normal - como no conserto de uma máquina que parou de funcionar; a manutenção preventiva, que são ações programadas que busca evitar falhas antes que elas ocorram, com o objetivo de aumentar a vida útil dos equipamentos e reduzir a probabilidade de falhas - como nas trocas de óleo, lubrificação e inspeções regulares; e, por fim, a manutenção preditiva, que é baseada na condição do equipamento, utilizando monitoramento e análises para prever falhas. Ela busca realizar a manutenção apenas quando necessário, com base em dados coletados - como no uso de sensores para monitorar vibrações ou temperaturas (KARDEC & NASCIF, 2012).

Em linhas gerais, a manutenção preditiva gera melhores resultados quando comparado às demais (Figura 1). Ela utiliza técnicas modernas de análise, como: ultrassom; análise de vibração; termografia; ensaios de materiais; análise de trincas e espessuras; análise de fluídos; análise de estruturas físicas; análise de superfícies e, análises de parâmetros técnicos (TELES, 2024).

**Figura 1** - Resistência a falhas em diferentes tipos de manutenção.



Fonte: Modular, 2024 (adaptado).

A manutenção preditiva tem o foco na análise e amostragem para predição de uma falha, atuando antes que a mesma ocorra ou evolua, a preventiva faz intervenções buscando prevenir que uma falha ocorra, e a manutenção corretiva faz o conserto do item com problema (MODULAR, 2024).

Há alguns anos, surgiu o termo Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* - TPM), que apresenta o envolvimento de todos os funcionários no processo de manutenção, visando maximizar a eficiência, reduzir desperdícios e aumentar a produtividade. Para que isso ocorra, há necessidade de realização de treinamentos periódicos dos operadores para realizar pequenos reparos, de forma que eles também sejam protagonistas nesse processo (TELES, 2024).

Na prática, a escolha do tipo de manutenção a ser aplicada depende de vários fatores, como o tipo de equipamento, qualificação da equipe de manutenção e dos operadores, o ambiente operacional, a criticidade do ativo e os custos associados das peças de reposição e ferramentas necessárias. Por isso, deve-se adotar um programa de manutenção bem estruturado que pode levar a uma redução de custos, aumento da produtividade e maior segurança no ambiente de trabalho (MAIS & BRADY, 2002).

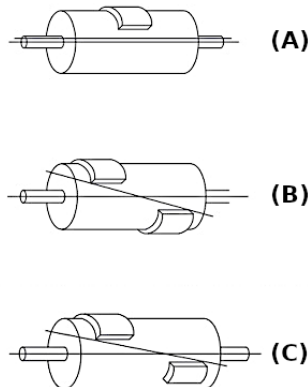
Dentre os tipos de manutenção citados, a manutenção preditiva pode ser vista como a mais eficaz, pois visa antecipar falhas e otimizar o desempenho dos equipamentos a partir de dados concretos coletados em tempos definidos (VANCE *et al.*, 2010). A análise de vibrações se destaca como uma ferramenta eficaz nesse contexto, pois fornece dados em tempo real sobre o estado de máquinas e sistemas.

## 1.2 Principais Defeitos, Danos e Prejuízos

Os defeitos em equipamentos ocasionados por vibrações podem ser variados e impactar diretamente a eficiência e a vida útil das máquinas. Aqui estão alguns dos principais problemas encontrados na literatura:

- **Desbalanceamento:** Um dos defeitos mais comuns, o desbalanceamento ocorre quando a massa de um rotor não está distribuída uniformemente. Isso causa vibrações excessivas, levando a desgastes prematuros em rolamentos e suportes.
- O balanceamento é um processo que visa melhorar a distribuição de massa de um corpo, permitindo que ele gire em torno de seu eixo sem gerar forças centrífugas desbalanceadas. Existem três situações em que a distribuição de massa não é uniforme, levando a desbalanceamentos: estático, conjugado e dinâmico (BUENO, 2010). No desbalanceamento estático, ocorre quando o eixo de massa não coincide com o eixo giratório, embora seja paralelo a ele. É também conhecido como desbalanceamento em um plano (Figura 2 - A). Já o desbalanceamento conjugado, ocorre quando o eixo de massa não coincide com o eixo giratório no centro de gravidade do rotor (Figura 2 - B). Por fim, o desbalanceamento dinâmico, caracteriza-se pela condição em que o eixo de massa não apenas não coincide com o eixo giratório, mas também não é paralelo e não o intercepta. Essa condição é chamada de desbalanceamento em dois planos, combinando os desbalanceamentos estático e dinâmico (Figura 2 - C).

**Figura 2** - Diferentes tipos de desbalanceamento.

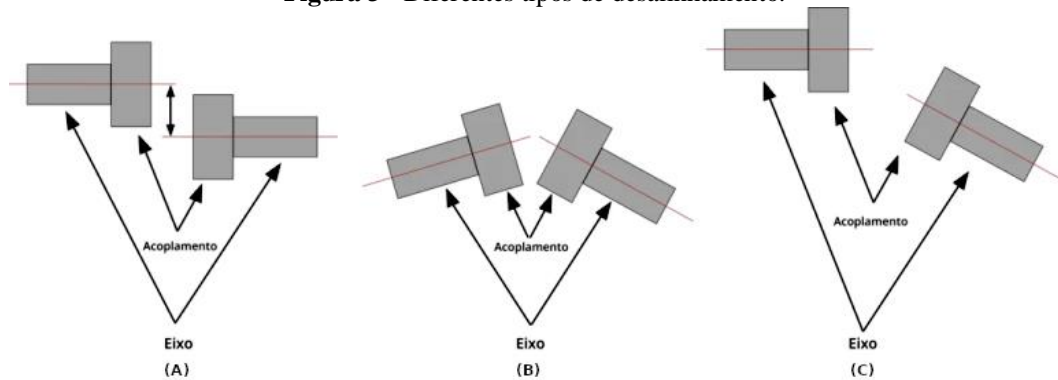


Fonte: Otávio, 2024 (adaptado).

- **Desalinhamento:** Quando eixos de máquinas não estão alinhados corretamente, ocorre uma força adicional que gera vibrações. Isso pode resultar em falhas em acoplamentos e rolamentos, além de aumentar o consumo de energia. O desalinhamento de eixos é a segunda fonte de vibração mais prevalente após o desbalanceamento. Ele ocorre devido ao mau alinhamento entre peças correspondentes, como metades de acoplamento, eixos, polias, entre outros. O desalinhamento é a condição quando a linha central geométrica de dois eixos acoplados não coincide ao longo do eixo de rotação (MAIS & BRADY,

2002). Esses desvios podem apresentar-se de três formas distintas: desalinhamento paralelo ou radial (Figura 3 - A); Desalinhamento angular ou axial (Figura 3 - B); Desalinhamento combinado (Figura 3 - C).

**Figura 3** - Diferentes tipos de desalinhamento.

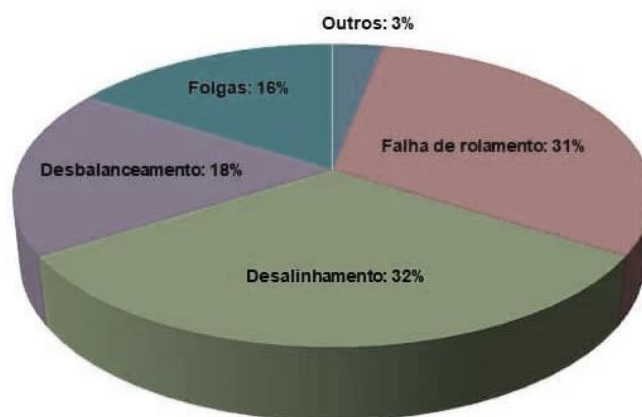


**Fonte:** Dynamox, 2024 (adaptado).

As vibrações excessivas levam à falha de componentes críticos, resultando em acidentes. Um estudo da *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* mostrou que a falha de um motor devido a vibrações causou um acidente em uma planta petroquímica, levando à explosão de um tanque (OTÁVIO, 2024).

A Figura 4 mostra o resultado de uma pesquisa realizada com, predominantemente, profissionais de manutenção e confiabilidade, durante a *International Maintenance Conference IMC-2012* (SZYMON & PIETA, 2011). Ela revelou que o desalinhamento é a falha comum presente em máquinas, posicionando-se em primeiro lugar do *ranking* de falhas.

**Figura 4** - Principais falhas em equipamentos industriais.



**Fonte:** Dynamox, 2024 (adaptado).

- **Desgaste de rolamentos:** Vibrações constantes podem causar fadiga nos rolamentos, resultando em ruídos e falhas. Os desgastes acelerados por vibrações excessivas afetam



também a lubrificação dos rolamentos, causando falhas repentinas. Em um caso relatado pela *OSHA*, a quebra de um rolamento em uma prensa resultou em uma lesão grave a um trabalhador devido ao colapso do equipamento (SKF, 2012).

- **Fissuras e quebras:** Equipamentos submetidos a vibrações contínuas podem desenvolver fissuras estruturais, especialmente em componentes como carcaças e suportes. Isso pode levar a quebras catastróficas durante a operação. As fissuras em estruturas metálicas foram objeto de estudo do relatório do *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* que documentou um acidente em que a falha estrutural de um suporte de máquina causou um desabamento, resultando em múltiplas lesões. Ou seja, as fissuras podem resultar em acidentes sérios, colocando em risco a vida dos trabalhadores (SPAMER, 2009).
- **Ruptura de peças:** Componentes como lâminas, engrenagens e suportes podem se romper devido ao estresse causado por vibrações. A falha de uma única peça pode comprometer todo o sistema (AHERWAR & KHALID, 2012). Não apenas danifica o produto e equipamentos, mas também pode causar lesões graves em operadores e outros funcionários.
- **Fadiga de materiais:** Vibrações constantes criam tensões cíclicas nos materiais, levando à fadiga e eventual falha. Isso é particularmente crítico em estruturas metálicas. Equipamentos de elevação, como guindastes, podem falhar devido a vibrações. O *American Society of Safety Professionals (ASSP)* publicou um estudo onde uma vibração excessiva em um guindaste levou à queda de uma carga, ferindo trabalhadores nas proximidades (ALMEIDA & GÓZ, 2003).
- **Ruídos excessivos:** Embora não seja um defeito estrutural, vibrações podem gerar ruídos que indicam problemas operacionais, impactando o ambiente de trabalho e a produtividade. Como também, os excessos de vibrações anormais podem gerar ruídos excessivos que, além de serem desconfortáveis, podem impactar a saúde auricular, o humor e a concentração dos trabalhadores, levando a acidentes.
- **Desgaste irregular:** Vibrações podem causar desgastes irregulares em superfícies de contato, resultando em eficiência reduzida e necessidade de manutenção mais frequente (SZYMON & PIETA, 2011).
- **Problemas elétricos:** Em motores elétricos, vibrações excessivas podem causar falhas nos sistemas de isolamento e conexões, resultando em curto-circuitos ou falhas operacionais. O *European Agency for Safety and Health at Work* relata que falhas



elétricas, muitas vezes originadas de vibrações, são uma das principais causas de incêndios em ambientes industriais.

- **Danos em acessórios:** As vibrações podem afetar não apenas os equipamentos principais, mas também acessórios, como tubulações e suportes, levando a vazamentos ou quebras. Um artigo na *Journal of Manufacturing Science and Engineering* documentou um incidente em que vibrações em uma serra circular causaram um ferimento em um operador devido à perda de controle. Ou seja, em máquinas de corte, as vibrações podem resultar em cortes imprecisos e até mesmo acidentes com os operadores do equipamento (RAO, 2009).

Acidentes relacionados a vibrações decorrentes, principalmente, do desbalanceamento e desalinhamento de eixos podem ter consequências graves em ambientes industriais. Portanto, uma correta implementação de programas de monitoramento de vibrações pode ajudar a prevenir acidentes e proteger a integridade dos trabalhadores e equipamentos. Além de ser uma ferramenta essencial para a manutenção preditiva e traz significativas economias para as empresas. Aqui estão algumas das principais maneiras pelas quais a análise de vibrações contribui para a economia:

- **Redução de Paradas Não Programadas:** Ao identificar problemas antes que se tornem falhas catastróficas, a análise de vibrações ajuda a evitar paradas inesperadas, que podem resultar em perda de produção e custos elevados. Ela permite a identificação precoce de problemas, reduzindo o tempo de inatividade. As empresas que a implementam, observam uma redução em média de 30% nas paradas não programadas (VICENTE *et al.*, 2021).
- **Aumento da Vida Útil dos Equipamentos:** A manutenção preditiva baseada em análises de vibração prolonga a vida útil das máquinas, reduzindo a necessidade de substituições frequentes. Os equipamentos bem monitorados tendem a ter uma vida útil maior, pois estima-se que a manutenção preditiva pode aumentar a vida útil de máquinas em até 50% (SKF, 2012).
- **Minimização de Custos de Reparo:** Intervenções realizadas com base em dados precisos geralmente são menos onerosas do que reparos emergenciais. Isso permite um planejamento mais eficaz e custos controlados. A análise de vibrações permite que os reparos sejam feitos de forma planejada, evitando intervenções emergenciais, que geralmente são mais caras (HELMANN *et al.*, 2006). Estima-se que as empresas que adotam práticas de manutenção preditiva economizam entre 10% a 20% nos custos de manutenção.
- **Otimização do Desempenho:** Equipamentos que operam dentro de parâmetros de vibração aceitáveis tendem a funcionar de maneira mais eficiente, resultando em

economia de energia e redução de desgaste. Isso porque a análise de vibrações pode melhorar a eficiência operacional, resultando em economia de energia. Estima-se que há uma redução de até 15% no consumo energético.

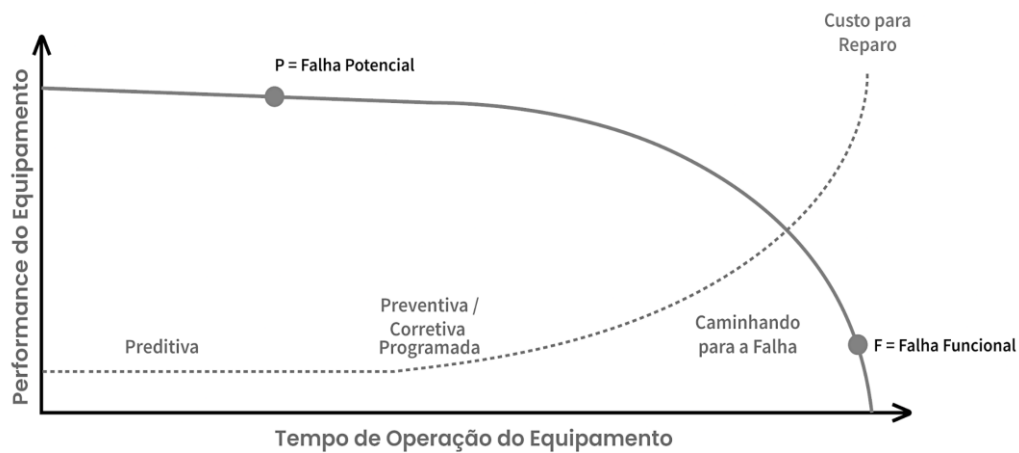
- **Aumento da Segurança:** A análise de vibrações pode identificar problemas que, se não tratados, poderiam resultar em acidentes. Isso não só protege os trabalhadores, mas também evita custos relacionados a acidentes (VICENTE *et al.*, 2021). A *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) documenta que ambientes de trabalho mais seguros resultam em menores taxas de acidentes e custos relacionados.
- **Planejamento de Manutenção:** Com dados de vibração, as empresas podem programar manutenções em momentos estratégicos, evitando interrupções desnecessárias e otimizando o uso de recursos (RAO, 2009).
- **Melhoria na Qualidade do Produto:** Equipamentos bem mantidos garantem processos mais estáveis e produtos de qualidade superior, reduzindo desperdícios e retrabalho (AHERWAR & KHALID, 2012). O *American Society for Quality* (ASQ) aponta que a manutenção preditiva contribui para a consistência da produção e redução de desperdícios.
- **Retorno sobre o Investimento (ROI):** O custo inicial com equipamentos de monitoramento e treinamento pode ser rapidamente recuperado por meio das economias geradas com a manutenção eficiente. Investimentos em tecnologia de análise de vibrações podem ser rapidamente recuperados (HELMANN *et al.*, 2006). Um relatório da Deloitte indica que em algumas empresas que investem em manutenção preditiva obtiveram um ROI de até 300% em um período de apenas três anos.
- **Integração com Outras Tecnologias:** A análise de vibrações pode ser combinada com outras práticas de manutenção, como termografia e análise de óleo, aumentando ainda mais a eficácia e as economias (ALMEIDA & GÓZ, 2003).
- **Aumento da Competitividade:** Empresas que adotam práticas eficientes de manutenção, como a análise de vibrações, tendem a se destacar no mercado, oferecendo produtos e serviços de melhor qualidade a preços competitivos.

Investir na análise de vibrações é uma estratégia inteligente para qualquer empresa que busca reduzir custos e melhorar a eficiência operacional. A curva potencial de falha - PF (Figura 4) é uma ferramenta de aplicação crucial para a indústria. Ela serve como um instrumento analítico essencial para o planejamento de manutenção orientado pela confiabilidade, alinhado aos princípios da Manutenção Centrada na Confiabilidade - RCM (do inglês, *Reliability Centered Maintenance*) (TRACTIAN, 2024).

A afirmação que a curva PF (Figura 4) desempenha um papel fundamental na manutenção industrial é verdadeira, pois as tomadas de decisões, tomadas pela equipe de manutenção, entre uma falha e outra precisam ser bem pensadas. Essa curva permite analisar a probabilidade de uma falha em relação à vida útil dos componentes, permitindo uma abordagem

proativa e preditiva para a manutenção, identificando e priorizando as ações necessárias para evitar falhas e evitar as temidas paradas não planejadas (FRANÇA & SOTELO, 2013).

**Figura 4** - Curva potencial de falha x custo para reparo.



**Fonte:** Tractian, 2024 (adaptada).

Todos os benefícios evidenciam a importância da análise de vibrações como uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência operacional e reduzir custos nas empresas (VANCE *et al.*, 2010). A adoção de práticas de manutenção preditiva não apenas protege os ativos, mas também contribui significativamente para a sustentabilidade financeira da organização.

## 2 CONCLUSÃO

A detecção precoce de vibrações anormais e a implementação do tipo de manutenção adequada são fundamentais para evitar esses defeitos e garantir a operação eficiente e segura dos equipamentos. A manutenção do tipo preditiva tem o potencial de transformar a forma como as indústrias gerenciam seus ativos. As evidências apresentadas mostram que a adoção dessa técnica não apenas melhora a eficiência operacional, mas também promove segurança e redução de custos. Portanto, investir na análise de vibrações é fundamental para a saúde operacional e financeira de qualquer empresa, pois ela não apenas protege os ativos e reduz custos, mas também é um elemento fundamental para garantir a eficiência, a segurança e a sustentabilidade das operações industriais. Investir nessa prática é essencial para qualquer empresa que busca se destacar em um mercado cada vez mais competitivo e dinâmico.

## REFERÊNCIAS



AHERWAR, A.; KHALID, S. Vibration Analysis Techniques for Gearbox Diagnostic: A Review. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, v. 3, n. 1, p. 4-12, 2012.

ALMEIDA, M. T.; GÓZ, R. D. S. **Análise de Vibrações I - Medidas e Diagnósticos**. Itajubá: FUPAI, 2003.

BUENO, M. A. T. **Vibrações Mecânicas: Minha Caderneta de Campo**. Volta Redonda: Editora Márcio Antônio Torres Bueno, 2010.

DYNAMOX, S.A. Blog. **Desalinhamento de Eixos e sua Contribuição nas Falhas Mecânicas**. Florianópolis, SC, Brasil, 19 ago. 2022. Disponível em: <https://dynamox.net/blog/como-o-desalinhamento-de-eixos-ocorre-e-quais-os-perigos-para-o-seu-equipamento>. Acesso em: 20 set. 2024.

FRANÇA, L. N. F.; SOTELO, J. J. **Introdução às vibrações Mecânicas**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013.

HELMANN, K. S.; MARAVIESKI, V. C.; HATAKEYAMA, K. H.; MARÇAL, R. F. M. **Controle dos Custos da Manutenção e Aplicação de Técnicas Preventivas e Preditivas para Aumento do Desempenho Produtivo: Um Estudo de Caso**. XIII SIMPEP, Brasil, 2006.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção - Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: QualityMark, 2012. p. 300-440.

MAIS, J.; BRADY, S. **Introduction guide to vibration monitoring: measurements, analysis, and terminology**. EUA: SKF Reliability Systems, maio 2002.

MODULAR. **O que é Manutenção Preditiva?** Disponível em: <https://modularcursos.com.br/o-que-e-manutencao-preditiva-tudo-o-que-voce-tem-que-saber-agora/>. Acesso em: 22 set. 2024.

OTÁVIO, K. **Simetriza Balanceamento Industrial - Você sabe o que é desbalanceamento?** 20 mai. 2015. Disponível em: <https://simetriza.com.br/2015/05/20/entendendo-os-tipos-de-desbalanceamento/>. Acesso em: 26 set. 2024.

RAO, S. S. **Vibrações Mecânicas**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. p. 451.

SKF. **Manual de Manutenção de Rolamentos da SKF**. São Paulo: SKF Solution Factory, 2012. p. 454.

SPAMER, F. R. **Técnicas Preditivas de Manutenção de Máquinas Rotativas**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

SZYMÓN, A. A.; PIETA, F. **Bancada Didática de Alinhamento de Máquinas Rotativas**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica

TELES, J. **Tipos de Manutenção de Acordo com a NBR 5462**. Disponível em: <https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/>. Acesso em: 26 set. 2024.



TRACTIAN. **Entenda a curva PF - Revista Manutenção.** Disponível em: <https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/gestao-de-ativos/entenda-o-que-e-a-curva-pf.html>. Acesso em: 24 set. 2024.

VANCE, J.; ZEIDAN, F.; MURPHY, B. **Machinery Vibration and Rotordynamics.** p. 393-402. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

VICENTE, B. L. L.; HERMOSILLA, J. L. G.; CORVELLO, F. M.; SILVA, E. C. C.; BARBALHO, S. C. M. **Custos da Manutenção: Implementação e Gestão da Técnica de Manutenção Preventiva Checklist e seus Impactos.** p. 15. In: XLII ENEGEP, Paraná, Brasil, 2021.