

## ANÁLISE DE VIBRAÇÃO EM MANCAIS ROTATIVOS PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA, UTILIZANDO COLETOR/ANALISADOR DE VIBRAÇÕES.

### STUDY ON THE VIBRATION ANALYSIS IN ROTARY BEARINGS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE USING VIBRATION COLLECTOR ANALYZER.

LEOMAR PEREIRA DE OLIVEIRA, Ariane Martins Caponi Lima, Rogério Rodrigues dos Santos. Marinés Chiquinquirá Carvajal Bravo Gomes

<sup>1</sup>Academica de Engenharia /FACEG Email: rogerio-rsantoshotmail.com

<sup>2</sup>Academica de Engenharia /FACEG <sup>3</sup>Orientador(a) e Professor(a) do Curso de Engenharia Mecânica/FACEG Email: rogerio-rsantoshotmail.com

**Resumo:** O principal objetivo da análise de vibração em elementos mecânicos é prever e evitar quebras, assim como prolongar a vida útil do equipamento ou sistema. Para atingir esse objetivo é necessário realizar acompanhamentos frequentes das condições reais de funcionamento, dessa forma é possível identificar defeitos que, em estágios evoluídos, podem ocasionar a falha. Um dos princípios da manutenção preditiva é analisar o equipamento em seu regime regular de trabalho, e esse fator é precisamente uma das grandes vantagens da aplicação da abordagem preditiva, visto que não atrapalha a produção. O emprego da técnica de análise de vibração em rolamentos proporciona resultados imediatamente importantes, identificando quaisquer anomalias. Mancais rotativos, ao entrar em funcionamento, exercem alguns esforços dinâmicos que se propagam por toda carcaça, e alguns esforços podem ser considerados na elaboração dos projetos, entretanto, inúmeros fatores durante a montagem ou atividade em campo podem levar a reações indesejáveis, tais como desalinhamentos, desbalanceamentos, folgas, empenamentos de eixos, podendo assim trazer danos no sistema conjunto eixo/mancal ou até mesmo em outras partes dos componentes que estão interligados ao sistema. No presente trabalho foram analisados padrões de vibração em mancais rotativos novos e com desgaste, utilizando coletor/analizador de vibrações, avaliando as diferenças entre ambas as situações, com respeito aos parâmetros de amplitude de vibração.

**Palavras-chaves:** Mancais rotativos; Sensor de vibração; Amplitude de vibração.

**Abstract:** The main objective of vibration analysis in mechanical elements is to predict and prevent breakdowns, as well as to prolong the life of the equipment or system. In order to achieve this objective, it is necessary to perform tasks specific to the real conditions that may work, in order to identify that they may occasionally occur, in order to identify that a failure may occur. One of the principles of predictive maintenance is analyzing the equipment in its regular working regime, and this factor is precisely one of the great advantages of applying the predictive approach, since it does not interfere with production. The use of vibration technique in bearings provides important acute results, identifying any anomalies. Rotary bearings, throughout drills, drills and drills, all drills can be performed for drills, drills and drills as drills can be run during the construction of the projects, drills and drills can be run during drills, drills or activities, exercises, exercises, exercises or training exercises, unbalances, clearances, warping of shafts, which can thus damage the joint shaft/bearing system or even other parts of the components that are interconnected to the system. In the work, movement patterns were designed in new rotating bearings and using vibration manipulators/analyzers, evaluating the differences between both situations, with respect to the parameters of vibration amplitude.

**Keywords:** : Rotating bearings; Vibration sensor; Vibration amplitude

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as empresas têm intensificado suas buscas por alternativas para garantir a integridade e confiabilidade de seus produtos e equipamentos. A análise de vibração é uma técnica que faz o monitoramento de vibrações em máquinas industriais e equipamentos mecânicos, identificando alterações na vibração associando-as ao acompanhamento de tendências.

A maior parte dos equipamentos e aparelhos industriais é feito para trabalhar de forma regular, evitando vibrações. Nessas máquinas, as vibrações promovem problemas ou até mesmo a deterioração dos equipamentos. Se tais causas não forem corrigidas, a própria vibração pode trazer algum tipo de danificação.

Equipamentos diferentes têm modos potenciais de falha distintos, o que muda de acordo com a classificação: Máquinas Acionadoras (Motores elétricos, motores de combustão, turbinas), transmissões (Acoplamentos, Engrenagens, correias) e Máquinas Acionadas (Bombas, Compressores, Geradores, transportadores, entre outros).

Os rolamentos estão dentre os componentes mais importantes de uma máquina e um dos mais utilizados como elemento de ligação entre componentes relativos de rotação. Os mesmos estão presentes nos diversos tipos de aplicação, tamanho, rotação e ambiente. A sua deficiência, em geral, acarreta a parada do equipamento trazendo enormes prejuízos à operação.

De acordo com a evolução dos processadores de sinais digitais as técnicas de monitoramento, análise e

diagnósticos tem apresentado grande aprimoramento dos profissionais envolvidos.

Á análise de vibração é caracterizada em dois fatos básicos: (1) todos os modos de falha comuns incluem componentes distintos de frequência de vibração que podem ser isolados e identificados, e (2) a amplitude de cada componente (HOLANDA, 2016)

O acompanhamento por análise de vibração tem como alvo principal:

- Aumentar a disponibilidade do equipamento;
- Redução de custos;
- Evitar desgastes prematuros de componentes;
- Evitar intervenções desnecessárias;
- Evitar riscos de acidentes.

Um dos indicadores de falhas na manutenção é a análise de vibração, método usado na manutenção preditiva. Esta é essencial para conhecer, melhorar, e garantir a qualidade do desempenho de equipamentos e máquinas industriais.

Os equipamentos e máquinas emitem vibrações no qual a frequência se mantém constante, e quando ambos começam a ter algum problema estrutural, há uma mudança na distribuição de energia vibratória, sendo que este evento pode promover uma falha eventual.

Diante dos problemas encontrados, a análise de vibração pode identificar essas alterações, trazendo à tona as origens da irregularidade, e deste modo, é possível intervir no equipamento ou máquina de modo eficiente antes que possa ocorrer um problema maior. A variação de vibração pode causar.

- Desgaste prematuro de componentes;

- Quebras inesperadas (com paradas repentinas de produção);
- Aumento do custo de manutenção (consumo excessivo de peças de reposição);
- Perdas de energia;
- Fadiga estrutural;
- Desconexão de partes (instabilidade geométrica);
- Baixa qualidade dos produtos (acabamento ruim).

O objetivo deste trabalho era realizar uma análise de vibração em mancais rotativos, avaliando os dados obtidos com respeito aos parâmetros de vibração e identificar possíveis falhas através desses resultados.

## FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O emprego da filosofia de manutenção surgiu durante a revolução industrial no final do século 19, devido à grande demanda em série. Até meados do ano de 1915 esse conceito não recebia a devida importância, assim como o reparo das máquinas. A partir dos acontecimentos durante a revolução industrial relacionados com a manutenção foram criadas e empregadas as primeiras manutenções corretivas (HOLANDA, 2016).

Conforme o aumento de produção durante a Segunda Guerra Mundial surgiu a preocupação, não só de corrigir falhas, mas também da necessidade de evitar que elas ocorressem. Á vista disso, surgiram às primeiras equipes especializadas em manutenção.

## Manutenção Corretiva

Essa manutenção tem por objetivo restaurar as condições iniciais e ideais de operação de máquinas e equipamentos, eliminando as fontes de falhas que possam existir (HOLANDA, 2016).

Dependendo do contexto, a manutenção corretiva pode ocorrer em duas situações distintas: o primeiro caso devido a uma anomalia inesperada e não planejada que tenha acontecido, como por exemplo, a quebra de um redutor ou, um segundo caso, devido ao relato de

problema identificado através de um programa de monitoramento das condições do equipamento, como por exemplo, a intervenção após a detecção da alteração da vibração do motor.

Para controlar as paradas na manutenção visando lucro, é de suma importância que se tenha um plano de contingência, não prolongar as medidas corretivas e sempre manter um histórico das assistências realizadas. Esta é a manutenção mais simples de ser implantada a gestão de ativos.

### Manutenção Preventiva

A definição de manutenção preventiva é: Toda manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (ABNT, 1994).

O intuito da manutenção preventiva é elevar e promover os índices de acesso e disponibilidade de um equipamento. Essa manutenção tem ação de controle e monitoramento de áreas e máquinas respeitando uma periodicidade. Com isso aumenta a disponibilidade, e evita falhas ou interrupções no funcionamento dos aparelhos.

Ao planejar uma manutenção é fundamental conhecer as rotinas e recursos dos equipamentos e maquinários, definir uma equipe responsável e estabelecer o dia e hora para execução do trabalho. Para que se tenha um bom plano de manutenção, é necessário que sejam questionados alguns itens;

- Quais serviços serão realizados?
- Quando os serviços serão realizados?
- Quem são os responsáveis pela execução do serviço?
- Que recursos serão utilizados para a atividade?
- Quanto tempo será gasto em cada atividade?
- Qual o custo do serviço?

### Manutenção Preditiva.

Este tipo de manutenção preditiva consiste na monitorização de medições regulares e colheita de dados, cujo objetivo é indicar o verdadeiro estado dos equipamentos e instalações. Durante o processo de rastreamento, é necessário medir regularmente as condições mecânicas, eletrônicas, pneumáticas, hidráulicas e elétricas dos equipamentos e dispositivos (HOLANDA, 2016).

O objetivo é reduzir os intervalos de manutenção das máquinas em caso de avaria (correção) e correção do plano (prevenção), aumentando assim a disponibilidade dos equipamentos. Quando a manutenção é bem executada e suportada pelo software de gerenciamento de manutenção, ela gera uma série de dados.

Ao analisar as informações, possíveis falhas e defeitos podem ser medidos e previstos antes que ocorram de fato. Depois que a equipe responsável analisa esses resultados, dois procedimentos podem ser usados:

- Diagnóstico: investigar a causa raiz e a gravidade da falha;
- Análise de tendência de falha;
- Prever danos ou defeitos, e providenciar reparos. Antecipados para evitar falhas.

A primeira etapa na execução de um plano de previsão é distinguir com precisão quais máquinas ou equipamentos devem ser analisados, em qual andar ou área eles estão localizados, os parâmetros de medição individuais de cada equipamento e a equipe técnica responsável pelo procedimento.

É de grande importância utilizar a plataforma de gerenciamento de manutenção, registrar o valor medido de cada item de inspeção, podendo também anexar imagens ou vídeos para fazer fotos das reais condições do equipamento.

### Vibração

No campo da engenharia mecânica, a vibração é um item muito crítico, pois considerando o impacto da

vibração, em alguns casos é catastrófico, isto devido a que o desgaste prematuro dos componentes mecânicos leva a falhas por fadiga do material, trincas causadas por cargas dinâmicas.

Se a possibilidade de vibração não for completamente eliminada nessas condições, pelo menos se deve tomar cuidado para manter as inspeções e, com a ajuda de planos de manutenção e programação adequados, prever a substituição de peças mecânicas antes que a situação se complique.

Esse monitoramento deve começar na fase de projeto, quando os efeitos da vibração serão considerados no planejamento de máquinas, fundações, estruturas, motores, turbinas, sistemas de controle e outros componentes que possam ser afetados por tais efeitos. Muitos recursos são normalmente usados para melhorar equipamentos e máquinas, mancais industriais, redutores e bombas.

O monitoramento preditivo de sistemas mecânicos, por meio de análise de vibração, é capaz de identificar problemas que podem ser fatais e altamente prejudiciais à eficiência da produção e à segurança dos profissionais que operam os equipamentos (HOLANDA, 2016).

Os principais problemas encontrados na análise de vibração do motor são:

- Qualidade desequilibrada (desbalanceamento de massa);
- Desalinhamento e empenamento do eixo;
- Desgaste do rolamento;
- Desgaste de engrenagens;
- Questões estruturais;
- Má lubrificação;
- Problemas elétricos do motor.

Para entender os princípios básicos da análise de vibração, é necessário saber o que é vibração. A vibração é todo movimento que se repete, regular ou irregularmente, depois de um intervalo de tempo. O movimento de uma

corda de violão e de um pêndulo são exemplos simples de vibrações reais. Na engenharia esses movimentos acontecem em elementos de máquinas e nas estruturas, quando esses são submetidos a ações dinâmicas.

A análise de vibração é definida como um movimento em que a massa é reduzida ao ponto de força. A ação dessa força faz com que o ponto execute um movimento oscilante. Para o movimento oscilatório de um ponto que constitui uma vibração, ele deve seguir um caminho denominado trajetória completa ou período, denominado período de oscilação (BENEDETTI, 2002).

### Movimento harmônico simples

Em termos físicos, o movimento harmônico simples (MHS) é um percurso que ocorre na oscilação em torno de uma posição de equilíbrio. Nesse modo particular de movimento, existe uma força que guia o corpo a um ponto de equilíbrio e sua energia é igual à distância alcançada quando o objeto se afasta do ponto de origem (HOANDA, 2016).

### CrITÉRIOS de vibração

Os critérios para estimação dos níveis de vibração são usualmente expressos em termos de deslocamento, velocidade e aceleração.

Os três critérios representam “o quanto” o equipamento está vibrando. (HOLANDA, 2016) Os Parâmetros de medidas da vibração são quase universalmente medidos em unidades métricas de acordo com recomendações de normas como a ISO2372, atualmente substituída pela ISO10816, sendo:

- **Deslocamento** (x) medido em micrometros ( $\mu\text{m}$ ). Pode ser medido pelo grau de distanciamento do ponto em relação à sua posição de repouso, sendo a unidade mais óbvia para se mensurar a vibração, pois é aquela que mais se aproxima da ideia de oscilação em torno de um ponto médio. O deslocamento realça componentes de baixa frequência, recomendado em medições abaixo de 10 Hz, sendo representado pela fórmula:

$$x = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

A posição (x), em metros, é dada por: Amplitude do movimento (A), em metros, Frequência angular ou velocidade angular ( $\omega$ ), em radianos por segundo, Tempo (t), em segundos e Fase inicial do MHS ( $\phi_0$ ), em radianos.

• **Velocidade (v)** medida em milímetro/segundo (mm/s). O deslocamento do ponto implica a existência de uma velocidade que poderá ser variável. Derivando uma vez a função deslocamento, obtêm-se a velocidade. Sendo o parâmetro menos representativo para componentes tanto de baixa como de alta frequência, o parâmetro normalmente escolhido para avaliação da severidade de vibração entre 10 Hz e 1000 Hz, sendo representado pela fórmula:

$$V = -\omega A \sin(\omega t + \phi_0)$$

A velocidade de uma partícula (v), em metros por segundo, é dada por: Velocidade angular ( $\omega$ ), em radianos por segundo, Amplitude (A), em metros. Tempo (t), em segundos, e Fase inicial ( $\phi_0$ ), em radianos.

• **Aceleração (a)** medida em metro/segundo<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>). Se a velocidade for variável, existirá certa aceleração no movimento. Derivando duas vezes a função deslocamento ou uma vez a função velocidade, representada pela fórmula:

$$\alpha = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi_0) \text{ Ou } \alpha = -\omega^2 x$$

A aceleração de uma partícula (A), em metros por segundo ao quadrado, depende de:

- Velocidade angular ( $\omega$ ), em radianos por segundo.
- Posição (x), em metros

A aceleração de vibração é o parâmetro que representa melhor os componentes de alta frequência, sua aplicação

é recomendada na monitoração de rolamentos, engrenamentos, pulsação de pressão em compressores rotativos, e demais equipamentos que apresentem frequência de defeito entre 1.000 Hz e 10.000 Hz. Mais três variáveis são fundamentais para a análise de vibração (HOLANDA, 2016).

• **Amplitude (A):** Indica a severidade (grau de impacto) do evento, através da intensidade que ocorre. Medida em milímetro (mm). Ela corresponde à distância entre a posição de equilíbrio e a posição ocupada para afastar o corpo.

• **Período (T)** é o intervalo de tempo em que o evento de oscilação se complete k: constante elástica da mola (N/m) e m: massa do corpo, medido em quilograma (kg) Ele é calculado através da fórmula:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Outra maneira de expressar o período é relacionando-o com a frequência, que representa o número de oscilações realizadas por unidade de tempo.

$$T = \frac{1}{f}$$

• **Frequência (f):** Indica “o que” está provocando a vibração. É a quantidade de vezes, por unidade de tempo, em que um fenômeno se repete, ou seja, a quantidade de ciclos executados na unidade de tempo. No sistema internacional de unidades (SI), a unidade de frequência recebe o nome de hertz (Hz), que equivale a um CPS.

Dada pela a fórmula:

$$\omega = 2\pi T$$

Ou

$$\omega = 2\pi f$$

Obs.: note que ela também pode ser calculada relacionando-se com o período (T) ou com a frequência (f).

• **Fase ( $\Phi$ ):** É o ângulo inicial do argumento da função senoidal que descreve o movimento harmônico. Indica o avanço ou atraso de um sinal. A vibração é sempre atrasada em relação à oscilação. Grandeza medida em radiano (rad).

### Quantificação dos níveis de vibrações

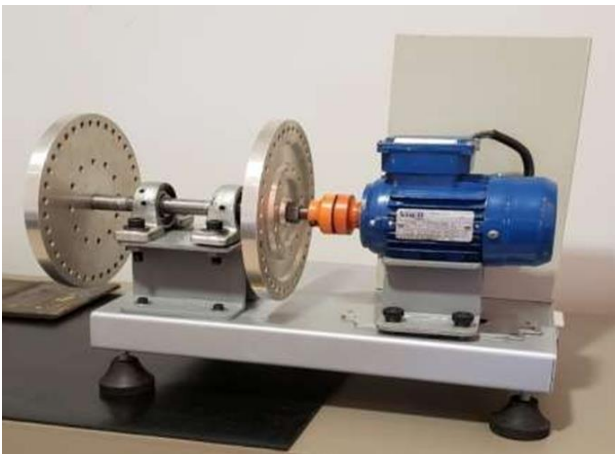
Os níveis de vibrações são caracterizados pela amplitude da vibração, que é a característica que descreve a sua serenidade, podendo ser medida de diversas maneiras.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Bancada Didática

Neste trabalho foram realizadas análises experimentais em mancais rotativos utilizando uma bancada didática. A bancada mostrada na figura 1 é constituída por um motor elétrico trifásico com rotação de 1750 RPM, com potência de  $\frac{1}{2}$  cavalo, e dois mancais rotativos que suportam o eixo principal da bancada.

Figura 1 - Bancada Didática.



Fonte: ALVES, 2021.

Os acelerômetros são usados a fim de ter um padrão de semelhança dos resultados com os sensores piezoelétricos. A bancada de testes assim como as fixações é de aço, já os outros componentes são de alumínio, mais leves e maleáveis.

As análises consistiram em provocar desgaste em rolamentos e captar os sinais de vibrações geradas pela a bancada, com o auxílio do coletor de vibração Microlog GX75, mostrado na figura 2, juntamente com o sensor de vibração, tipo acelerômetro piezoelétrico fixado na parte externa da estrutura metálica.

Figura 2 - Microlog GX75 da SKF



Fonte: ALVES, 2021

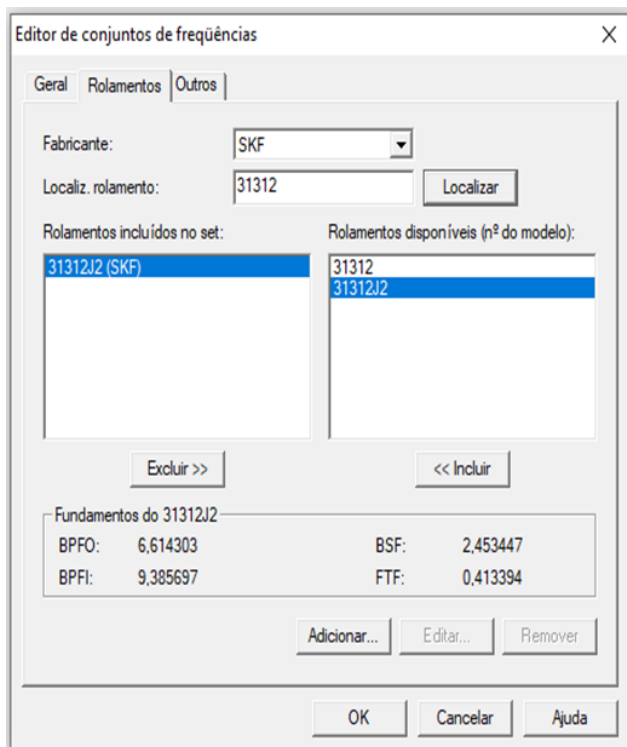
Foi realizada a aquisição dos sinais de vibração por meio de acelerômetros e efetivada a análise através do software @ptitude Analyst, o qual consiste em uma forma base de uma abordagem completamente integrada para acompanhamento de condições, aprovando armazenamento, manipulação e restauração de enormes quantidades de informações sobre equipamentos e fábricas, de maneira eficaz e certa.

O procedimento de medição consiste em coletar a vibração nas direções vertical, horizontal e axial. Para o teste em específico, foram coletados apenas na horizontal, no segundo mancal, denominado 4H.

Conhecido o tipo de rolamento e a rotação de teste, foi cadastrado o rolamento no software @ptitude Analyst, para posteriormente plotar as frequências de defeito nos espectros de vibração. No editor de frequências do

software, têm-se todas as frequências de defeito do rolamento, conforme Figura 3.

**Figura 3** – Frequência de Defeitos no Rolamento 31312



Fonte: Próprio autor.

Os defeitos nos elementos rolantes e pistas são responsáveis por pulsos de vibração em alta frequência que podem ser medidos através de um processo de modulação do sinal, chamado envelope.

Foi selecionado o rolamento 31312 J2, conforme Figura 4, onde foi induzida uma falha na pista interna.

**Figura 4** - Rolamento 31312 J2 com Desgaste Superficial.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com que foi abordado até aqui, dentre as variáveis que podem ser monitoradas de forma intrusiva

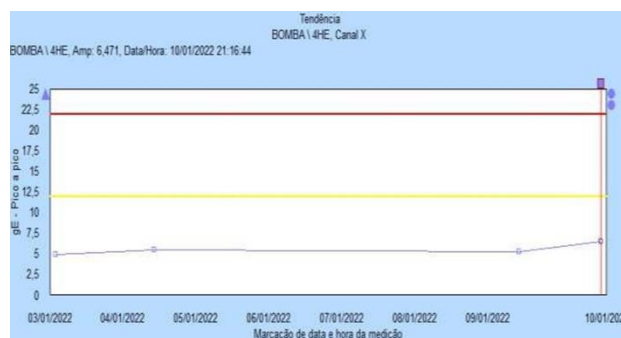
nas indústrias, a que compreende o maior volume de informação é a assinatura de vibração.

Através do monitoramento preditivo dessa ferramenta, podem-se identificar possíveis problemas como: empenamentos de eixos, folgas, desbalanceamentos, desalinhamento, defeitos de mancais de rolamentos, entre outros.

Os testes foram realizados em duas etapas, sendo a primeira etapa com rolamento novo, sem defeito, e na segunda etapa foi realizado com o rolamento já com uma falha inserida.

Primeiramente, foi realizada a medição com o rolamento sem defeitos, o qual foi testado durante 6 dias, e manteve-se estável. A linha azul da figura 5 representa a do rolamento em operação, a linha amarela indica a faixa aceitável de vibração, e a vermelha aponta o valor máximo de amplitude. Conforme a Figura 5 nota-se que a aceleração foi de 5 gE no início do teste, e teve um leve aumento para 6,471 gE no último dia do teste, no entanto, de forma geral os valores de aceleração para o rolamento sem defeito mativeram-se estáveis e dentro dos limites de segurança.

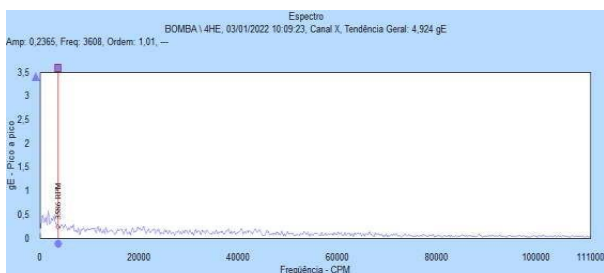
**Figura 5** - Tendência de Envelope de Aceleração no Rolamento sem Defeitos.



Fonte: Próprio autor.

Analisando o espectro de vibração em aceleração, medido com o rolamento sem defeito, conforme a Figura 6, não há frequências de defeito no rolamento, indicado pelo valor de amplitude próximo a zero. A pequena variação que aparece no início do gráfico é referente à rotação da partida do motor.

**Figura 6** - Espectro de Vibração em Aceleração no Rolamento sem Defeitos.

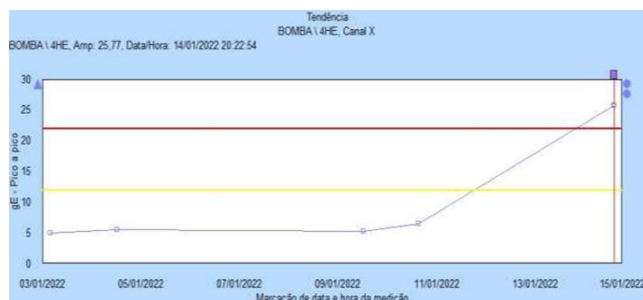


Fonte: Próprio autor

Na segunda etapa dos testes, o mesmo rolamento foi submetido a um desgaste superficial, propositalmente, a fim de provocar um pitting (erosão) na pista.

Após inserir o defeito no rolamento, iniciou-se a análise, e os resultados são mostrados no gráfico de tendência apresentado na Figura 7. Observando o gráfico, verifica-se que houve um aumento dos níveis no envelope de aceleração do mancal a partir do oitavo dia do teste, evoluindo de um valor de 5 gE para 25 gE, ultrapassando a linha vermelha que representa o limite seguro desse parâmetro.

**Figura 7** - Tendência de Envelope de Aceleração no Rolamento com Defeito



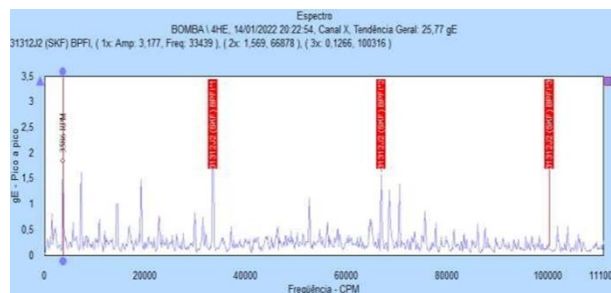
Fonte: Próprio autor

Como as frequências de falha dos elementos do rolamento são conhecidas e encontradas na literatura, foram cadastradas no software de análise @ptitude Analyst e se sobrepôs estes marcadores de frequência sobre o espectro de aceleração do mancal com defeito. Os defeitos cadastrados foram; BPFO, BPFI, BSF, FTF.

No espectro de aceleração do rolamento com defeito, na Figura 8, é possível verificar a existência do desgaste na pista interna do tipo BPFI, o qual foi cadastrado no

software @ptitude Analyst. Esse defeito foi encontrado em três picos específicos do gráfico, os quais se encontraram nos seguintes espectros das frequências: 33439, (66878, 100316 Ciclos por Minutos). Devido à alta amplitude, pode-se afirmar que já há desgaste avançado no rolamento (ALVES, 2021).

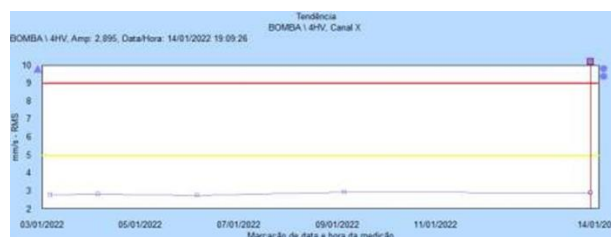
**Figura 8** - Espectro de Vibração em Aceleração no Rolamento com Defeito



Fonte: Próprio autor.

Nos testes no rolamento com defeito na pista, também foram realizadas medições de vibração em velocidade (RMS), sem alterações nos valores. Durante a análise foi possível entender que avaliar rolamentos no parâmetro velocidade (RMS) é pouco eficiente, devido a que rolamentos gerarem altas frequências que não são detectadas, e isto é evidenciado no gráfico da Figura 9

**Figura 9** - Tendência em Velocidade (mm/s) no Rolamento com Defeito.



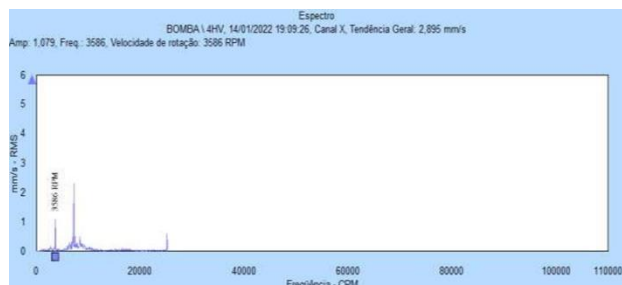
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 10, o espectro de vibração em velocidade no rolamento com defeito também não apresenta as frequências de defeito do rolamento, visto que a velocidade é mais indicada para analisar as frequências baixas e médias do espectro, enquanto a aceleração é mais sensível às frequências altas. O pequeno valor mostrado



no gráfico representa a velocidade inicial de rotação, no qual não interfere na análise.

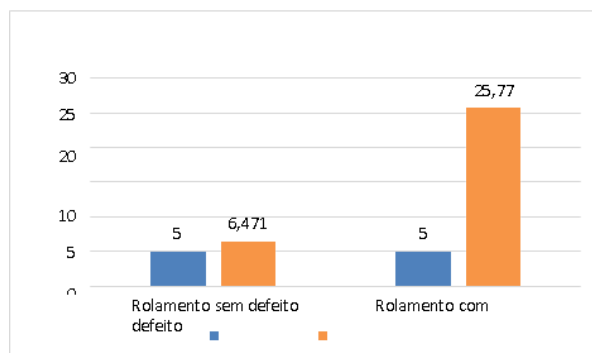
**Figura 10** - Espectro de Vibração em Velocidade (mm/s) no Rolamento com Defeito.



Fonte: Autor.

O gráfico da Figura 11 mostra a diferença do envelope de aceleração entre ambos os rolamentos (com e sem defeito). Nota-se que o rolamento sem defeito teve um aumento no envelope de aceleração de apenas 1,471 gE, por outro lado, o rolamento com defeito teve um aumento significativo 20,77 gE.

**Figura 11** - Gráfico de Variação de Envelope de Aceleração.



Fonte: Próprio autor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A realização da presente análise possibilitou, dentre as diferentes abordagens de manutenção industrial, salientar a manutenção preditiva. Os objetivos iniciais deste trabalho foram alcançados, os quais eram baseados em analisar as vibrações por meio de coletor/analizador em mancais de rolamento com e sem desgaste, a fim de avaliar os resultados de ambas as situações.

Com os testes práticos abordados neste trabalho, torna-se visível a grande importância do emprego das técnicas

de manutenção preditiva, especialmente a análise de vibração. A aplicação da técnica de análise de vibração em rolamentos identifica defeitos em fase inicial, sendo possível identificar qual elemento está com falha e realizar a intervenção no tempo certo, prolongando a vida útil do rolamento e de outros componentes que funcionam em conjunto com ele.

Os objetivos dessa abordagem consistem no apoio periódico das atividades rotineiras dos mancais de rolamentos em tempo real de operação, trazendo diversos benefícios, como exemplo, evitar a queda de desempenho, as substituições de peças desnecessárias e especialmente eliminar as quebras, além de procurar entender o tempo de vida dos elementos de uma máquina ou sistema.

Os rolamentos estão fortemente dentro dos mais variados segmentos das indústrias, são responsáveis por diminuição da fricção entre as peças móveis do equipamento ou máquina e suportar a carga exercida sobre eles. Devido à sua importância, é necessário utilizar, entre outras, a técnica de análise de vibração, responsável por identificar irregularidades ocultas eventualmente presentes nos rolamentos.

Foi possível notar a diferença entre os rolamentos com e sem defeito, principalmente na variação do envelope de aceleração. O rolamento sem defeito apresentou um aumento do envelope de aceleração de 29% aproximadamente, enquanto o rolamento com defeito mostrou um aumento significativo de 83%.

Entendendo e aplicando a técnica de análise de vibração, conseguimos prever quando será necessária realização da manutenção no equipamento, o que aumenta a eficiência do processo, reduzindo as quebras inesperadas e prolongando a vida útil dos ativos. Com a diminuição das falhas, diminui-se também o tempo de parada e reposição dos equipamentos e os danos de tempos e recursos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Informação e Documentação: Referências. Rio de Janeiro, 1994.

ALVES, C. D. S. Projeto de Bancada Didática para Estudos de Balanceamentos em Laboratório e em Campo. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica. Goianésia-GO, 2021.

BENEDETTI, J. A. Manutenção Centrada em Confiabilidade e Análise de Vibração. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

HOLANDA, S, M, S. Aplicação da manutenção preditiva por análise de vibrações em equipamentos de trens urbanos com plano de manutenção proposto. Dissertação submetida ao PPGEM com parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica área de Materiais e Fabricação do Departamento de Engenharia Mecânica da UFPE. Recife, 2016.

SOUZA, E, D, R, D. Desenvolvimento Experimental de uma Bancada para Estudo da Dinâmica de Sistemas Rotativos. Trabalho de Conclusão do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal Rural do SemiÁrido – UFERSA, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Mecânico Caraúbas/RN 2019.