

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

ELIABE FELIPE DOS SANTOS

ESTUDO DE CASO EM REDUTORES DE VELOCIDADE

BAURU

2023

ELIABE FELIPE DOS SANTOS

ESTUDO DE CASO EM REDUTORES DE VELOCIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado na forma de Artigo Científico como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica – Centro Universitário Sagrado Coração.

Orientador Dr. Gill Bukvic.

BAURU

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com
ISBD

S237m

Santos, Eliabe Felipe Dos

Estudo de caso em redutores de velocidade / Eliabe Felipe dos Santos. -- 2023.

11f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Gill Bukvic

Coorientador: Prof. M.e Alexander da Silva Maranhão

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP

1. Manutenção. 2. Preditiva. 3. Redutores. 4. Indústria. 5. Monitoramento. I. Bukvic, Gill. II. Maranhão, Alexander da Silva. III. Título.

**ELIABE
DOS**

FELIPE

SANTOS

ESTUDO DE CASO EM REDUTORES DE VELOCIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado na forma de Artigo Científico como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica – Centro Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: __/__/____

Banca examinadora:

Dr. Gill Bukvic (Orientador)
Centro Universitário Sagrado Coração

Titulação e Nome
Instituição

Titulação e Nome
Instituição

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	08
2.1 MANUTENÇÃO PREDITIVA INDUSTRIAL.....	08
2.2 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO.....	08
2.3 ANÁLISE DE OLEO.....	09
2.4 TERMOGRAFIA.....	09
2.5 INSPEÇÃO SENSITIVA.....	10
3 METODOLOGIA	10
4 RESULTADOS OBTIDOS	11
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS DADOS DA PESQUISA.....	14
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
REFERÊNCIAS	16

ESTUDO DE CASO EM REDUTORES DE VELOCIDADE

ELIABE FELIPE DOS SANTOS

Graduando em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
eliavei8@gmail.com

RESUMO

Nesse trabalho abordaremos sobre a manutenção de redutores de velocidade que é extremamente importante nas indústrias de modo geral. Além de garantir seu correto funcionamento, ela permite obter confiabilidade necessária para evitar paradas de máquinas inesperadas. Entretanto muitas empresas não levam a sério esse cuidado que deveriam ter, não fazendo a manutenção preventiva com isso acabam sofrendo com quebras prematuras e altos custos. O Conceito de Redutores de velocidade trabalha para reduzir a velocidade de rotação dos acionadores, que dão início às operações de equipamentos e máquinas industriais. Para desempenhar esse papel, são constituídos por Eixos de entrada e de saída; Engrenagens, Mancais, Retentores e vedações Rolamentos, Carcaça ou caixa. Atualmente os principais motivos de falha dos redutores são operação com temperaturas de funcionamentos acima do normal, falta de lubrificação essa inclusive é uma das principais causas, vazamentos de óleo, aumento do ruído desalinhamento entre máquina e redutor e por fim desgaste dos componentes devido ao uso. Esse trabalho objetiva mostrar a importância da manutenção preditiva em redutores, que precisa ser pensada e planejada no contexto da manutenção industrial como um todo. Além disso, é importante considerar os benefícios da implementação de um monitoramento constante de suas condições de funcionamento.

Palavras – Chave: Manutenção. Redutores. Industria. Monitoramento. Preditiva.

ABSTRACT

In this work, we will discuss the maintenance of speed reducers, which is extremely important in industries in general. In addition to ensuring correct operation, it provides the necessary reliability to avoid unexpected machine downtime. However, many companies do not take the care they should take seriously, not carrying out preventive maintenance and thus ending up suffering from premature breakdowns and high costs. The Speed Reducers Concept works to reduce the rotational speed of the drivers, which initiate the operations of industrial equipment and machines. To perform this role, they are made up of input and output shafts; Gears, Bearings, Seals and seals Bearings, Housing or box Currently, the main reasons for reducer failure are operation at operating temperatures above normal, lack of lubrication, which is one of the main causes, oil leaks, increased noise, misalignment between machine and reducer and finally wear of components due to use. This work aims to show the importance of predictive maintenance in reducers, which needs to be thought about and planned in the context of industrial maintenance. Furthermore, it is important to consider the benefits of implementing constant monitoring of its operating conditions

Keywords: Maintenance. Reducers. Industry. Monitoring. Predictive.

1. INTRODUÇÃO

Redutor de velocidade é um dispositivo mecânico que reduz a velocidade (rotação) de um acionador, seus principais componentes são basicamente: Eixos de entrada e saída, rolamentos, engrenagens e carcaça. O redutor de velocidade é utilizado quando é necessária a adequação da rotação do acionador para a rotação requerida no dispositivo a ser acionado, Devido às leis da física, quando há redução da rotação, aumenta-se o torque disponível, existem diversos tipos e configurações de redutores de velocidade, sendo os mais comuns os redutores de velocidade por engrenagens. (PAGLIA, 2023)

Essas engrenagens, por sua vez, podem ser cilíndricas ou cônicas. Pode-se ainda utilizar o sistema coroa e rosca sem fim, já os dentes das engrenagens podem ser retos ou helicoidais. Quando há intenção de se reduzir a vibração e ruído utiliza-se, nos redutores, engrenagens de dentes helicoidais, já que a transmissão de potência, nesse caso, é feita de maneira mais homogênea. Por outro lado, as engrenagens de dentes retos são mais simples de serem fabricadas e por isso apresentam menor custo.

A manutenção preditiva possui o objetivo principal de antecipar e encontrar a raiz de problemas em máquinas e equipamentos. Ou seja, mesmo antes de se tornarem problemas potenciais, agindo quando ainda somente se encontram sintomas. Isso é possível graças ao seu modo de aplicação, por meio de monitoramento constante.

Porque, muito além do olhar, do tato e do olfato do operador da máquina ou do técnico, a manutenção preditiva leva muito em conta a coleta de dados. Isso, além de trazer uma série de benefícios para a produtividade, também é uma forma de colocar os colaboradores como protagonistas, aumentando o engajamento dos mesmos. Por isso, a tecnologia ocupa um espaço privilegiado em sua implementação e aplicação no chão de fábrica.(PAGLIA, 2023)

Como dito Vivian Paglia manutenção em redutores de velocidade pode ser de caráter corretivo ou preditivo e é realizada em etapas para garantir a funcionalidade do sistema e evitar acidentes por mau funcionamento ou falha.

Os procedimentos de manutenção em redutores de velocidade envolvem:

Recuperação de eixos, fabricação de peças (pinhão, engrenagens e eixos), lubrificação de peças internas, troca de rolamentos, mancais e retentores, análise de partículas e testes de desempenho do equipamento quanto à redução da velocidade proporcional ao aumento do torque, A manutenção preditiva em redutores busca a prevenção deste equipamento, a partir de manutenções e análises periódicas das peças e componentes que o constituem, evitando que possíveis falhas potenciais e funcionais ocorram.

Assim ela é feita a partir das seguintes ações; Análise do nível de lubrificação das máquinas, Inspeção contínua e monitorada dos equipamentos, levantamento dos dados históricos do moto redutor como históricos de falhas, A partir disso, é possível evitar improdutividade operacional, falhas, atraso na entrega de produtos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A manutenção preditiva é uma abordagem de manutenção que utiliza técnicas de monitoramento e análise de dados para prever falhas em equipamentos antes que elas ocorram.

Essa abordagem é especialmente útil em redutores de velocidade, que são componentes críticos em muitos sistemas industriais. Existem várias técnicas e métodos utilizados na manutenção preditiva de redutores de velocidade. Alguns dos mais comuns incluem;

2.1 MANUTENÇÃO PREDITIVA INDUSTRIAL

Segundo Pedro Piovesan – 30 outubro 2019 A cada dia, o olhar sobre o setor da manutenção muda, focando cada vez mais na Manutenção Preditiva: deixa de ser visto como uma fonte de gastos excessivos, acionado apenas em situações de emergência, e se torna uma ferramenta estratégica essencial para cortar custos e aumentar a produtividade de plantas industriais.

Essa mudança também vem acompanhada de uma alteração no próprio cenário da manutenção. Quando falamos no setor, a ideia é sustentar um ritmo e manter as atividades em funcionamento todos os dias. O objetivo final não é mais consertar as máquinas, mas evitar que elas quebrem.

Conforme cita AMORIN (2021) além de estar muito mais alinhada aos padrões da indústria moderna, que precisa ser ágil, econômica e eficiente, a prática em questão também traz outros benefícios estratégicos, como aumenta a vida útil dos equipamentos, aperfeiçoa a produtividade e reduz custo entre outros. AMORIN (2021)

2.2. ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

A análise de vibração é uma técnica utilizada para monitorar e diagnosticar o estado de máquinas e equipamentos industriais. Ela consiste em medir e analisar as vibrações geradas por esses equipamentos, a fim de identificar possíveis problemas e tomar medidas corretivas antes que ocorra uma falha. é baseada no princípio de que todas as máquinas em funcionamento geram vibrações, que podem ser causadas por desequilíbrios, folgas, desalinhamentos, problemas de lubrificação, entre outros. (ALVES, 2019)

Essas vibrações podem ser medidas por meio de sensores de aceleração, velocidade ou deslocamento, que são instalados nas máquinas. Os dados coletados pelos sensores são então processados e analisados por meio de softwares especializados. Esses softwares permitem identificar padrões de vibração característicos de diferentes tipos de problemas, como desgaste de rolamentos, desalinhamento de eixos, desbalanceamento de rotores, entre outros.

A análise de vibração pode ser realizada de forma periódica, como parte de um programa de manutenção preventiva, ou de forma contínua, por meio de sistemas de monitoramento online. Ela permite detectar problemas em estágios iniciais, evitando paradas não programadas e reduzindo os custos de manutenção. Além disso, a análise de vibração também pode ser utilizada para monitorar a eficácia de medidas corretivas, como a

substituição de peças ou a realização de ajustes. Ela permite verificar se os problemas foram solucionados e se a máquina está operando dentro dos parâmetros esperados. (ALVES, 2019)

Conforme citado por ROCHA (2021) A Análise de Vibração é uma técnica poderosa, capaz de diagnosticar inúmeras anomalias que inevitavelmente levará a quebra de equipamentos industriais, caso a equipe de engenharia não corrija a anomalia.

Em resumo, a análise de vibração a mesma será a base de nosso estudo de causa é uma ferramenta essencial para a manutenção preditiva de máquinas e equipamentos industriais. Ela permite identificar problemas antes que ocorram falhas, reduzindo os custos de manutenção e aumentando a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

2.3. ANÁLISE DE ÓLEO

A análise de óleo é uma técnica utilizada para monitorar o estado de lubrificação de máquinas e equipamentos industriais. Ela consiste em coletar amostras de óleo lubrificante em uso e analisar suas propriedades físicas e químicas, a fim de identificar possíveis problemas e tomar medidas corretivas. (VEDAN, 2023)

É baseada no princípio de que o óleo lubrificante de uma máquina contém informações valiosas sobre o estado de funcionamento dessa máquina. Durante a operação, o óleo lubrificante pode sofrer contaminação por partículas sólidas, água, produtos de combustão, entre outros. Além disso, o óleo lubrificante também pode sofrer degradação química devido ao calor, oxidação, contaminação por produtos químicos, entre outros fatores. (VEDAN, 2023)

A análise de óleo envolve a coleta de amostras representativas do óleo lubrificante em uso. Essas amostras são então submetidas a uma série de testes laboratoriais, que podem incluir análise de viscosidade, teor de água, teor de partículas sólidas, teor de produtos de combustão, teor de aditivos, entre outros.

Os resultados desses testes são comparados com os valores de referência estabelecidos pelo fabricante do equipamento ou por normas técnicas. Desvios significativos desses valores de referência podem indicar problemas, como desgaste de componentes, contaminação, degradação do óleo, entre outros.

Com base nos resultados da análise de óleo, podem ser tomadas medidas corretivas, como a substituição do óleo lubrificante, a limpeza do sistema de lubrificação, a substituição de componentes desgastados, entre outros.

Além disso, a análise de óleo também pode ser utilizada para monitorar a eficácia dessas medidas corretivas, verificando se os problemas foram solucionados e se o óleo lubrificante está operando dentro dos parâmetros esperados. Em resumo, a análise de óleo é uma ferramenta importante para a manutenção preditiva de máquinas e equipamentos industriais. Ela permite identificar problemas de lubrificação antes que ocorram falhas, reduzindo os custos de manutenção e aumentando a vida útil dos equipamentos. (VEDAN, 2023)

2.4. TERMOGRAFIA

A termográfica é uma técnica de inspeção não destrutiva que utiliza câmeras termográficas para medir e registrar a distribuição de temperatura em uma superfície. Essa técnica é baseada no princípio de que todos os objetos emitem radiação infravermelha, que é invisível ao olho humano, mas pode ser detectada e convertida em imagens térmicas por câmeras termográficas. (CYRINO, 2023)

É amplamente utilizada em diversas áreas, como manutenção preditiva, inspeção de equipamentos elétricos, mecânicos e de refrigeração, detecção de vazamentos, avaliação de isolamento térmico, entre outros. Ela permite identificar anomalias térmicas, como pontos quentes ou frios, que podem indicar problemas, como sobrecarga elétrica, desgaste de componentes, vazamentos de fluidos, falhas de isolamento, entre outros.

Durante uma inspeção termográfica, a câmera termográfica é apontada para a superfície a ser inspecionada e captura as imagens térmicas. Essas imagens são então analisadas por um termógrafo, que identifica e interpreta as anomalias térmicas presentes. As imagens térmicas podem ser registradas e comparadas ao longo do tempo, permitindo monitorar a evolução de problemas e tomar medidas corretivas antes que ocorram falhas.

A termográfica é uma técnica não invasiva, o que significa que não é necessário interromper a operação dos equipamentos para realizar a inspeção. Além disso, ela é rápida e eficiente, permitindo identificar problemas de forma ágil e precisa. No entanto, é importante ressaltar que a termográfica é uma técnica complementar e não substitui outras formas de inspeção e diagnóstico. (CYRINO, 2023)

Em resumo, a termográfica é uma técnica de inspeção não destrutiva que utiliza câmeras termográficas para medir e registrar a distribuição de temperatura em uma superfície. Ela é amplamente utilizada para identificar anomalias térmicas e problemas em equipamentos, permitindo a tomada de medidas corretivas antes que ocorram falhas.

2.5. INSPEÇÃO SENSITIVA

A inspeção sensitiva é uma técnica de inspeção que envolve o uso dos sentidos humanos, como visão, audição, tato, olfato e até mesmo o paladar, para detectar possíveis problemas ou anomalias em equipamentos, produtos ou processos.

Essa técnica é baseada na experiência e habilidade do inspetor em reconhecer sinais ou características específicas que possam indicar problemas. Por exemplo, um inspetor pode utilizar a visão para identificar rachaduras, desgastes, vazamentos ou qualquer outra irregularidade visual em um equipamento. (CORDEIRO, 2023)

O tato pode ser utilizado para detectar variações de temperatura, vibrações, rugosidade ou textura de uma superfície. A audição pode ser usada para identificar ruídos anormais, como rangidos, batidas ou zumbidos.

O olfato pode ser utilizado para detectar odores estranhos, como cheiro de queimado ou de produtos químicos. E o paladar pode ser utilizado em situações específicas, como a análise de sabores em produtos alimentícios. É uma técnica simples e de baixo custo, pois não requer equipamentos ou instrumentos sofisticados. No entanto, ela depende da habilidade e experiência do inspetor, que deve estar familiarizado com os equipamentos, processos ou produtos que está inspecionando.

Além disso, a inspeção sensitiva pode ser limitada em termos de precisão e capacidade de detecção, especialmente em casos em que os problemas são sutis ou não são facilmente perceptíveis pelos sentidos humanos. Apesar de suas limitações, a inspeção sensitiva ainda é amplamente utilizada em diversas áreas, como manutenção, controle de qualidade, inspeção de produtos, entre outros.

Ela pode ser complementada por outras técnicas de inspeção, como análise de vibração, análise de óleo, termográfica, ensaios não destrutivos, para obter resultados mais precisos e abrangentes. Em resumo, a inspeção sensitiva é uma técnica de inspeção que utiliza os sentidos humanos para detectar problemas ou anomalias em equipamentos, produtos ou processos. Ela é simples e de baixo custo, mas depende da habilidade e experiência do inspetor.

É uma técnica complementar que pode ser utilizada em conjunto com outras técnicas de inspeção para obter resultados mais precisos e abrangentes. (CORDEIRO, 2023)

3. METODOLOGIA

A metodologia de manutenção preditiva e monitoramento on-line é um conjunto de técnicas e práticas utilizadas para prever e evitar falhas em equipamentos e sistemas antes que elas ocorram. Essa abordagem se baseia na coleta e análise de dados em tempo real, permitindo que os técnicos identifiquem problemas em potencial e tomem medidas corretivas antes que ocorram danos ou interrupções no funcionamento.

Será utilizado um estudo de caso em redutores de velocidade para este trabalho, recolhendo dados sobre o monitoramento on-line e análise de vibração em ativos de empresa de grande porte setor sucroalcooleiro.

O estudo de caso se inicia com a conferência dos sensores e o local da instalação do mesmo, é analisado através do técnico de manutenção preditiva por criatividade o local que será instalado, após a instalação no lado acoplado do redutor é liberado via sinal wireless através dele permite se que o técnico consiga visualizar as telas com informações sobre telemetria e espectros do ativo e também temperatura. Com estas informações será possível traçar relações entre o que está acontecendo com o ativo e a necessidade de se realizar uma intervenção, a partir disso será possível trazer um paralelo sobre os benefícios econômicos e saúde do ativo que o monitoramento junto com a análise de vibração em redutores nos proporcionará para as empresas, e assim um aumento de produtividade evitando quebras e manutenção sem planejamento.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Inicialmente foram escolhidos os sensores que seriam colocados de teste para realizar a verificação e monitoramento dos redutores. Após essa identificação, há a escolha do sensor mais adequado para se colocar no local que será monitorado. (Abaixo, na figura 1, um exemplo de sensor para monitoramento de vibração e temperatura)

Figura 1 – Sensor Traction



Fonte: (Sensor traction 2023)

Logo após foi realizado a escolha da área onde os redutores planetários se encontravam. O local de instalação foi no setor de extração do caldo (moenda, conforme figura 2), o sensor é instalado no acionamento do ativo para estar realizando a coleta das informações de vibração e temperatura. Quando encontrado alguma anomalia o sensor emite uma alerta avisando o desvio (no caso desse estudo foi localizado no 1º terno da moenda)

nesse caso se tiver uma quebra, é parado o processo por completo, então foi definido por criticidade a instalação de um equipamento desse porte.

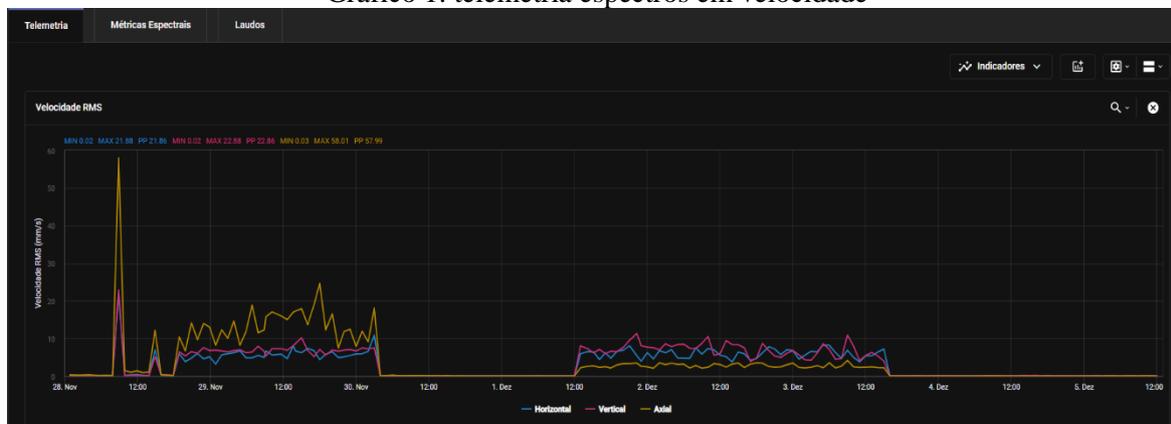
Figura 2 - Redutores



Fonte: Usina São Jose – Macatuba – SP (2023)

Após a instalação é aberto o local onde o técnico de vibração tem acesso para fazer as análises dos ativos da planta (como notado na figura abaixo, temos os gráficos gerados com informações de telemetria). O gráfico 1 nos mostra as informações em velocidade dos picos capitados durante o monitoramento e as velocidades são monitoradas em três posições diferentes (conforme mostra na legenda horizontal, vertical e axial).

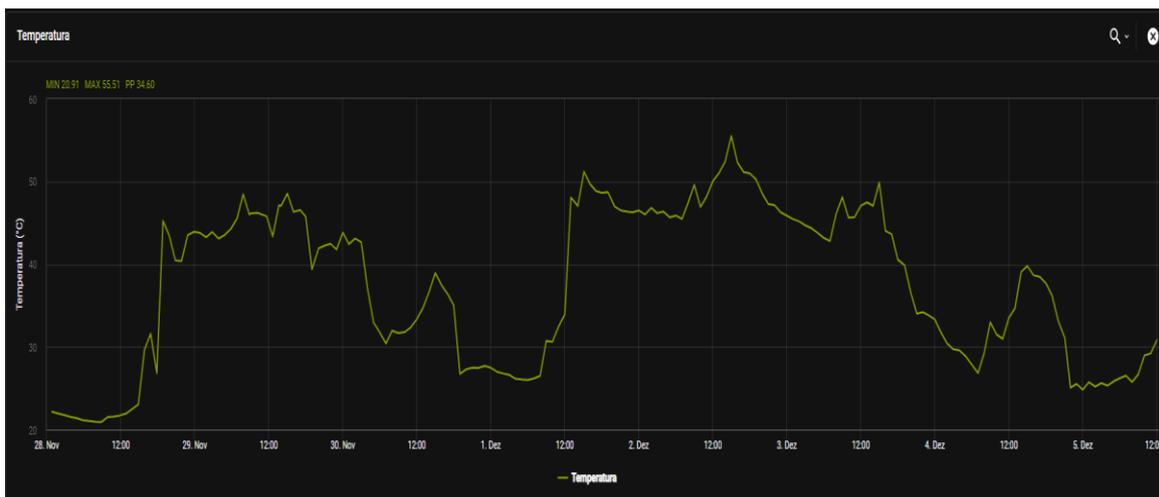
Gráfico 1: telemetria espectros em velocidade



Fonte: (dyna predv 2023)

No gráfico 2 acima mostra a temperatura, ou seja, no eixo Y mostra os níveis de temperatura, no eixo X mostra as datas e horários é possível acompanhar os índices termodinâmicos que o ativo reproduz enquanto trabalha através dessas informações os especialistas em analisar consegue dar o diagnóstico preciso e exato a qualquer momento.

Gráfico 2: Indicie Termodinâmico (hora/data)



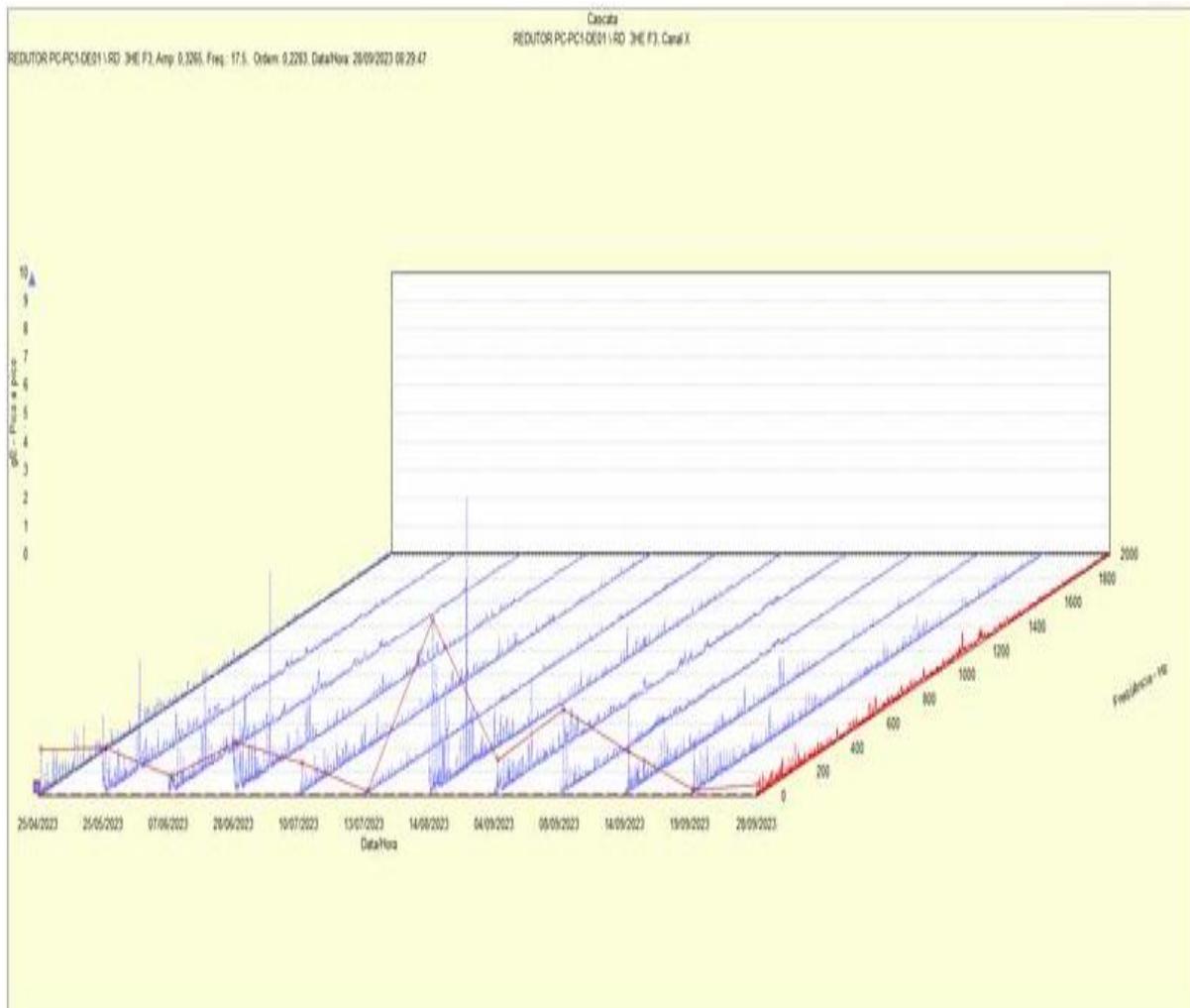
Fonte: (dyna predv 2023)

A Figura 3 acima mostra as assinaturas emitidas através do sensor. Nota-se que ele segue um padrão, porém no dia 14/08/2023 esse valor teve um aumento gradativo, que foi notado no monitoramento on-line. As linhas vermelhas na lateral do eixo são analisadas Frequência HZ, já na outra visão, eixo X, temos a data e a visão em envelope de aceleração GE, onde são analisadas as assinaturas formadas através de espectros gerado dos sensores.

Através deles foi possível encontrar anomalias como desbalanceamentos, folgas mecânicas, desgaste de engrenagens entre outras.

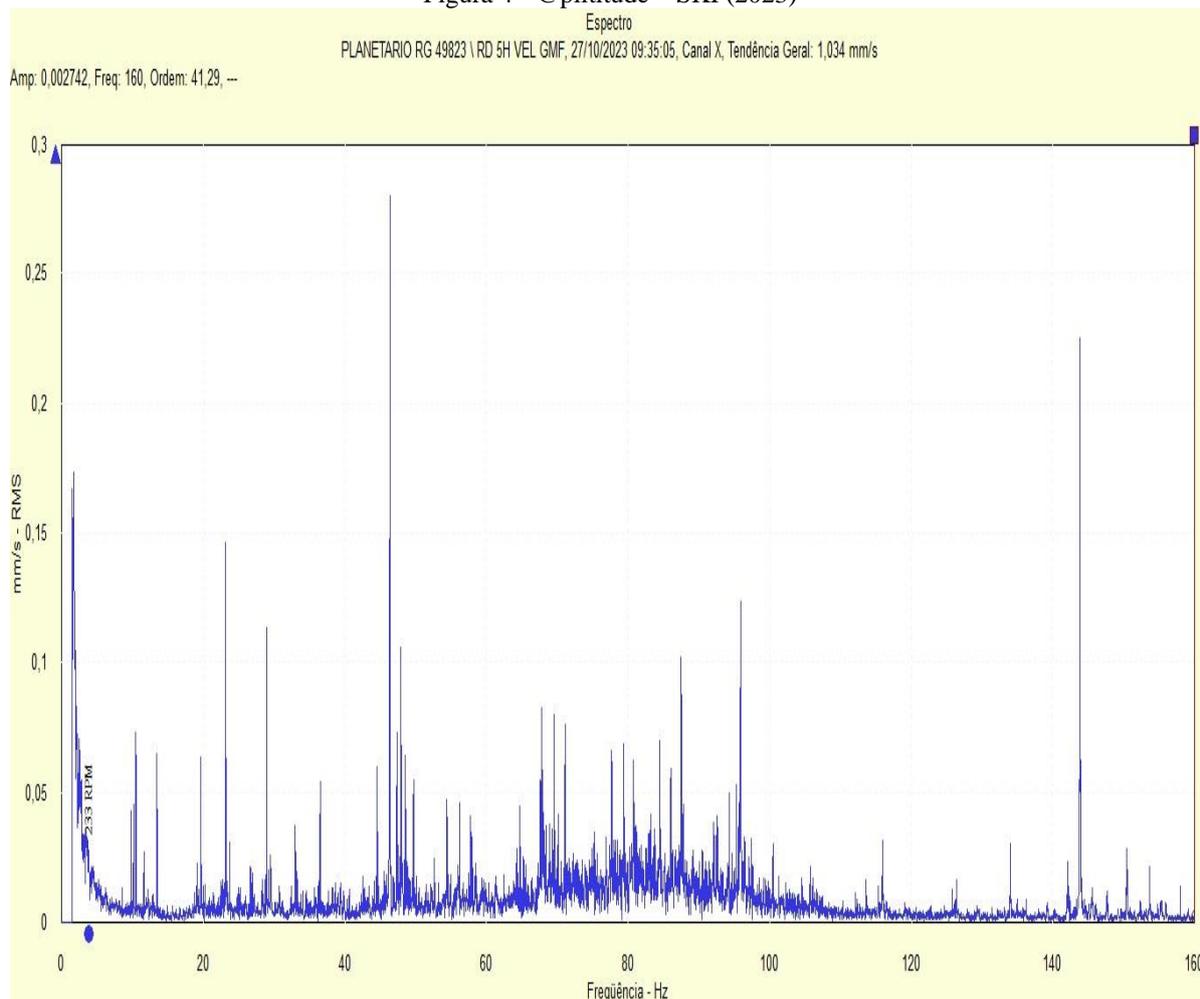
Foi notado na figura 4 que o histórico ponto a ponto do monitoramento dos redutores e as frequências emitidas através de assinaturas com o cursor, que serve para auxiliar na análise e assim deixar mais definida a assinatura que o espectro está nos informando para trazer uma assertividade maior para o analista que estará realizando o estudo, junto com a análise, aqui temos a definição exata de como é realizada a análise através de comprimentos de ondas formando desenhos que são interpretados.

Figura 3 - @plitude – SKF



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 4 - @plitude – SKF(2023)



Fonte: elaborado pelo autor

4.1 CONTEXTUALIZAÇÕES DE DADOS DA PESQUISA

No estudo de causa abordado foi observado acerca da eficiência e praticidade do monitoramento on-line na manutenção preditiva, como observado, o ativo teve um desbalanceamento e folgas mecânicas quando é informado o alerta o técnico de preditiva ou analista de preditiva, avisa de imediato os responsáveis da área para realizar uma intervenção no ativo antes que aconteça uma quebra que danifique ainda mais o ativo.

Foi verificado que após essa comunicação de alarme de anomalia no ativo e parado do equipamento para conserto vemos que no decorrer do monitoramento cada vez o valor vai caindo, mostrando que a correção foi assertiva.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção preditiva em redutores e sistemas de monitoramento on-line é uma abordagem eficaz para garantir a confiabilidade e a disponibilidade desses equipamentos. Ao utilizar técnicas de monitoramento contínuo, é possível identificar precocemente possíveis falhas e tomar medidas corretivas antes que ocorram danos significativos.

Através do uso de sensores e sistemas de análise de dados, é possível monitorar parâmetros como temperatura, vibração e ruído, que são indicadores de possíveis problemas

nos redutores. Com base nesses dados, é possível realizar análises e diagnósticos precisos, permitindo a programação de intervenções de manutenção de forma mais eficiente.

Além disso, a manutenção preditiva também contribui para a redução de custos, uma vez que evita paradas não programadas e minimiza o tempo de inatividade dos equipamentos. Com a identificação antecipada de falhas, é possível planejar as intervenções de manutenção de forma mais adequada, evitando a substituição desnecessária de componentes e reduzindo os custos de reparo.

Outro benefício da manutenção preditiva em redutores e sistemas de monitoramento on-line é a melhoria da segurança operacional. Ao identificar e corrigir problemas antes que eles se tornem críticos, é possível evitar acidentes e garantir a integridade dos equipamentos e dos operadores.

Portanto, conclui-se que a manutenção preditiva em redutores e sistemas de monitoramento on-line é uma estratégia eficiente para garantir a confiabilidade, disponibilidade e segurança desses equipamentos. A utilização de técnicas de monitoramento contínuo e análise de dados permite a identificação antecipada de falhas, contribuindo para a redução de custos e o aumento da eficiência operacional.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. **Manutenção Preditiva: o que é, como funciona, vantagens e dicas.** Equipe TOTVS. 2021. Disponível em <<https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/manutencao-preditiva/>> Acesso em 06 de dez. 2023

ALVES, S. **Análise de Vibração de Máquinas para Manutenção Preditiva.** Disponível em <<https://www.venturus.org.br/blog/analise-de-vibracao-de-maquinas-para-manutencao-preditiva/>> Acesso em 16 de novembro de 2023

BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluídos.** Editora Pearson - 2º ed. 2015 Disponível em <<https://4semestrecivil.files.wordpress.com/2015/03/mecc3a2nica-dos-fluc3addos-2c2b0-edic3a7c3a3o-franco-brunetti.pdf>> Acesso em 06 de dez. 2023

CYRINO, L. **Termografia na manutenção preditiva.** <Disponível em <https://tractian.com/blog/termografia-na-manutencao-preditiva>> Acesso em 15 de novembro de 2023

CORDEIRO, E. **Rotas de inspeção sensitiva: Otimizando a manutenção industrial.** Disponível em <<https://tractian.com/blog/rotas-de-inspecao-sensitiva-otimizando-a-manutencao-industrial>> Acesso em 15 de novembro de 2023

MANUTENÇÃO EM REDUTORES DE VELOCIDADE. Site Multengrenagens. Disponível em <<https://www.multengrenagens.com.br/informacao/manutencao-em-redutores-de-velocidade>> Acesso em 17 de novembro. 2023

MANUTENÇÃO PREVENTIVA: O QUE É, IMPORTÂNCIA E COMO FAZER. Cobliblog. Disponível em <<https://www.cobli.co/blog/manutencao-preventiva/>> Acesso em 18 de novembro. 2023

NEPOMUCENO, L, X. **Técnicas de manutenção preditiva.** Editora Blucher. 2014

PAGLIA, V. **Redutores de velocidade: escolha o melhor para o seu equipamento.** Disponível em <<https://www.topcomponentes.com.br/redutores-velocidade-escolha-melhor-equipamento/>> Acesso em 10 de novembro. 2023

ROCHA, C. **Análise de vibração diagnósticos de falhas em equipamentos rotativos.** Ed. Mundo Industrial. 2012

VEDAN, A. **A importância da análise de óleo.** Disponível em <<https://tractian.com/blog/analise-do-oleo-como-prolongar-a-vida-util-do-seu-ativo>> Acesso em 11 de novembro. 2023