Grupo de Estudo de Geração Térmica-GGT

UTILIZAÇÃO DE SENSORES TRIAXIAIS PARA COLETA E ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

LINCOLN LUIZ CORREA(1); RAFAEL ANTUNES DO NASCIMENTO(2); ENGIE(1);ENGIE(2);

RESUMO

A expansão do setor elétrico brasileiro nas duas últimas décadas, a indisponibilidade recente de recursos naturais, tais como a água, e a solidez da geração de energia elétrica oriunda de fontes térmicas, tem forçado o perfil da matriz energética brasileira a possuir garantias de disponibilidade para suprir essa demanda. Por sua vez, a também crescente exigência pela maximização da eficiência energética e a necessidade disponibilidade operacional das usinas geradoras, impelem para que os ativos destas tenham sua performance monitorada e que a sua manutenção seja cada vez mais baseada em sua própria condição.

Dentro deste contexto, a manutenção preditiva se destaca, entre outras técnicas, com a aplicação da Análise de Vibração, objetivando trabalhar como uma ferramenta detectiva de falhas com o objetivo de reduzir as intervenções intrusivas que geram indisponibilidade operacional dos ativos e, por consequência, custos indesejáveis.

Para a execução de inspeções preditivas por análise de vibração, utilizam-se sensores dotados internamente de cristais piezoelétricos, Figura 1, que, uma vez submetidos à tensões tratativas ou compressivas oriundas do movimento oscilatório originado pelo funcionamento do ativo, geram sinal de elétrico de corrente a ser amplificado e transformado, através da Transformada Rápida de Fourier (FFT), em espectros de vibração, sendo esta uma poderosa ferramenta de análise rotineira do analista de vibração.

A classificação destes sensores, segundo seu eixo de medição, pode ser monoaxial (um eixo do plano cartesiano por vez) ou triaxial (todos os três eixos do plano cartesiano simultaneamente).

(*) Avenida Machado de Assis, n° 435 – CEP 88745-0000 Capivari de Baixo, SC – Brasil
Tel: (+55 48) 3621-4065 – Email: lincoln.correa@engie.com

Essa proposta, por sua vez, visa demonstrar a alteração aplicada à forma com a qual as inspeções preditivas por análise de vibrações eram conduzidas no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (857MW), ou seja, seu objetivo é demonstrar os desafios superados para a aplicação dos sensores triaxiais, suas principais vantagens, desvantagens e, por fim, traçar um paralelo destes com os resultados obtidos, de forma a subsidiar informações para a aplicação desta ferramenta em outras unidades geradoras, sejam elas fontes de geração de energia térmica ou de qualquer outra natureza onde a manutenção preditiva por análise de vibração se fizer necessária.

PALAVRAS-CHAVE
Manutenção, Preditiva, Vibração, Triaxial

1.0 - INTRODUÇÃO

No cenário atual, onde segundo ROCHA, “a visão da manutenção é que não ocorram paralisações que não sejam programadas” pois isso impacta diretamente sobre o rendimento da produção, “as paradas de operação devem ser pontuais, agindo diretamente nos modos de falha para que essas não evoluam em defeitos, falhas ou gerando colapso no equipamento, gerando a disponibilidade da função dos ativos de modo a atender a um processo de produção com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequado.

Neste contexto de exigência da assertividade da manutenção, podemos citar, como principal protagonista, a Manutenção Preditiva, que está fundamentada, especificamente, no conhecimento da condição atual do equipamento com base no acompanhamento do seu histórico, seja mediante uso das técnicas de Ultrasom, Lubrificação, Análise de Vibrações e/ou, Termografia.

Uma das mais amplamente aplicadas técnicas de Manutenção Preditiva, a Análise de Vibrações, consiste, por sua vez, no uso de sensores piezoelétricos para a aquisição de dados em campo e no posterior estudo da comparação do comportamento da vibração do ativo, indicando o diagnóstico do sintoma analisado e suas respectivas consequencias.

Desta forma, os resultados obtidos mediante análise deste diagnóstico juntamente com a comparação da condição histórica do ativo e o embasamento em normas apropriadas, indicam a condição atual operacional do ativo, proporcionando importantes informações a serem utilizadas para a tomada de ação estratética relacionada à aplicação da manutenção ou não do ativo propriamente dito.

2.0 - SENSORES PIEZOELÉTRICOS PARA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Segundo PERLINGEIRO, “piezoeletricidade é a capacidade de alguns materiais gerarem tensão elétrica quando sofrem um esforço mecânico, onde o termo “piezo” é derivado da palavra grega que significa pressão”.

Desta forma, os sensores piezoelétricos para Análise de Vibração utilizam-se das tensões tratativas e compressivas que estão submetidas devido ao movimento oscilatório do ativo em que estão afixados para gerarem tensão elétrica a ser amplificada e convertidade, através da Transformada Rápida de Fourier (FFT), em espectros, cujos dados são possíveis de serem interpretados pelos analistas de vibração.

Com relação ao seu eixo de medição junto ao plano cartesiano, pode possuir dois tipos:

- Sensores Monoaxiais;
- Sensores Triaxiais

Apesar de não haver diferenças na concepção do funcionamento, o primeiro, muitas vezes, utilizado para medir níveis de vibração mecânica em apenas um único eixo por vez do plano cartesiano, enquanto que o sensor triaxial, Figura 2, por poder criar um vetor 3D na forma dos componentes ortogonais, pode ser utilizado para determinar o tipo de vibração como lateral, transversal ou rotacional, ou seja, é capaz de medir vibração mecânica em todos os três eixos do plano cartesiano, de forma simultânea, fato que o certifica para a obteção dos resultados expressivos a serem abordados adiante.

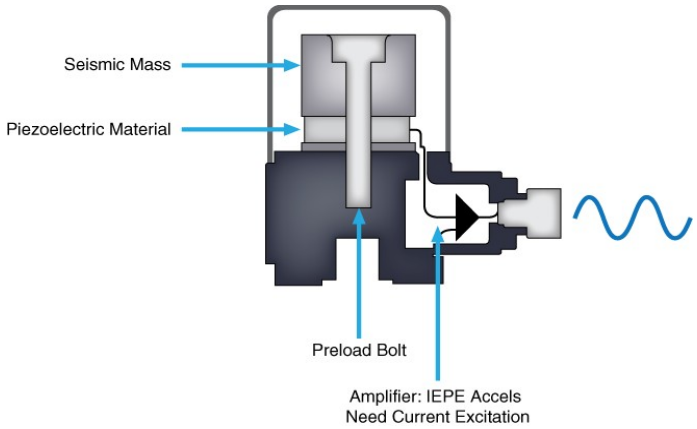

FIGURA 1 – Sensor Piezoelétrico

Fonte: National Instruments

FIGURA 2 – Sensor Piezoelétrico Triaxial
Fonte: CTC – Connection Technology Center Inc.

2.1 PREPARAÇÃO PARA APLICAÇÃO DOS SENSORES TRIAXIAIS

É do conhecimento geral do Meio que a preparação da superfície a ser aplicado o sensor, seja ela monoaxial ou triaxial, bem como sua forma de afixação, são importantes etapas para o condicionamento de um sinal com qualidade e isenção de interferências que prejudiquem a correta análise e o posterior diagnóstico.

Nessa linha de raciocínio, a aplicação de sensores triaxiais para a Análise de Vibrações implica diretamente, além da preparação da superfície já mencionada, na padronização do posicionamento dos sensores triaxiais, de forma que entre ciclos de inspeções não ocorra a inversão dos eixos do plano cartesiano e, por fim, a obtenção dos dados possua repetibilidade com relação aos seus eixos.

Para superar este desafio, foram elaborados acopladores metálicos, cuja definição de fabricação demandou uma análise da influência da geometria deste, do material a ser utilizado, bem como o método de afixação junto aos ativos.

2.3.1 Preparação da Superfície

A preparação para a superfície exige que o material base do local onde o acoplador será afixado esteja totalmente isento de toda e qualquer contaminação, sujeira, oxidações e/ou pintura industrial. Para a realização desta etapa, utilizou-se a preparação da superfície por uso de esmerilhadeira manual, conforme resultado demonstrado na Figura 3.

Para situações onde há a exigência para uma ideal aplicação do sensor, pode-se optar por uma fresa com guia, de forma que a superfície preparada esteja perpendicular à linha de centro do eixo do ativo inspecionado.

FIGURA 3 – Superfície preparada com utilização de esmirilhadeira manual

Fonte: Autor

2.3.2 Meio Acoplador – PAD

a) Análise da influência da geometria

A geometria do acoplador do sensor, internamente chamado de PAD, influencia diretamente no grau de qualidade da montagem bem como na eficiência da sua afixação junto ao ativo, o que, por consequência, reflete diretamente na qualidade do sinal obtido durante a inspeção preditiva.

Com base nessa justificativa e afim de testar alternativas e comparar os resultados obtidos, as Figuras 4 e 5 apresentam as opções de geometria consideradas:

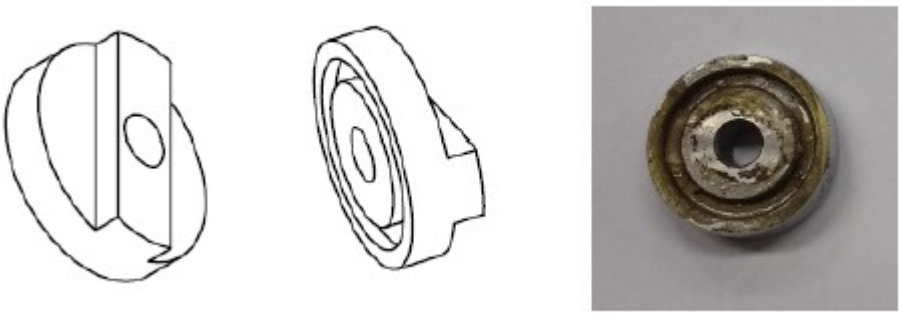

FIGURA 4 – PAD modelo “A”

Fonte: Autor

Tabela 1 – Vantagens e Desvantagens da aplicação do PAD modelo “A”

Vantagens	Desvantagens
Fácil aplicação em campo	Maior consuma de adesivo
Usinagem simples	Dificulta a cura do adesivo devido à falta de oxigenação
	Mais etapas do processo de usinagem

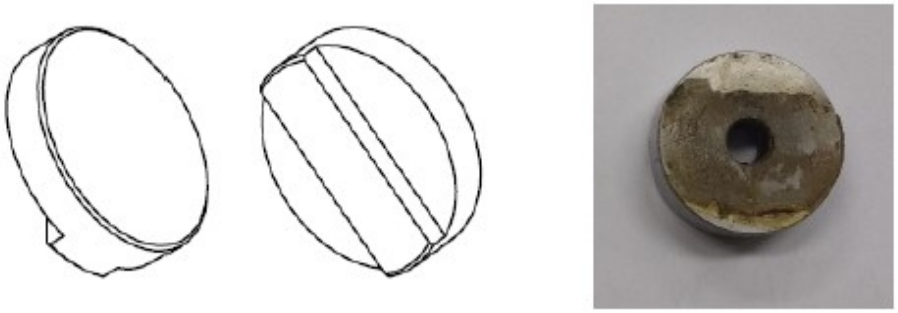

FIGURA 5 – PAD modelo “B”

Fonte: Autor

Tabela 2 – Vantagens e Desvantagens da aplicação do PAD modelo “B”

Vantagens	Desvantagens
Fácil aplicação em campo	Superfície não pode ser polida para garantir aderência
Menor consumo de adesivo	
Facilita a cura do adesivo	
Usinagem simples	

Com base nas condicionantes visualizadas nas Tabelas 1 e 2, optou-se pela utilização, portanto, do PAD modelo “B”.

b) Análise do material a ser utilizado

Uma vez definida a geometria a ser utilizada, fez-se necessária a seleção do material do PAD.

Por necessitar ser magnético para que a base do sensor pudesse nele estar afixado durante as inspeções preditivas sem a necessidade de que o analista sustentasse o sensor manualmente, o material a ser selecionado para o PAD precisou possuir, obrigatoriamente, uma quantidade mínima do elemento periódico Ferro. Na mesma ótica, devido à exposição a diferentes condições climáticas e a necessidade de manter sua superfície isenta de oxidações, o material precisou possuir, obrigatoriamente, quantidade específica do elemento periódico Cromo, o qual lhe garantiu resistência à oxidação. Diante de ambas as necessidades, o material selecionado, pelos motivos expostos, foi o aço inoxidável AISI 410, sendo este inspecionado para a garantia das propriedades necessárias, conforme pode ser observado através da análise da composição química de um material e seu respectivo resultado, demonstradas pelas Figuras 6 e 7.

FIGURA 6 – Análise da Composição Química do Material do PAD

Fonte: Autor

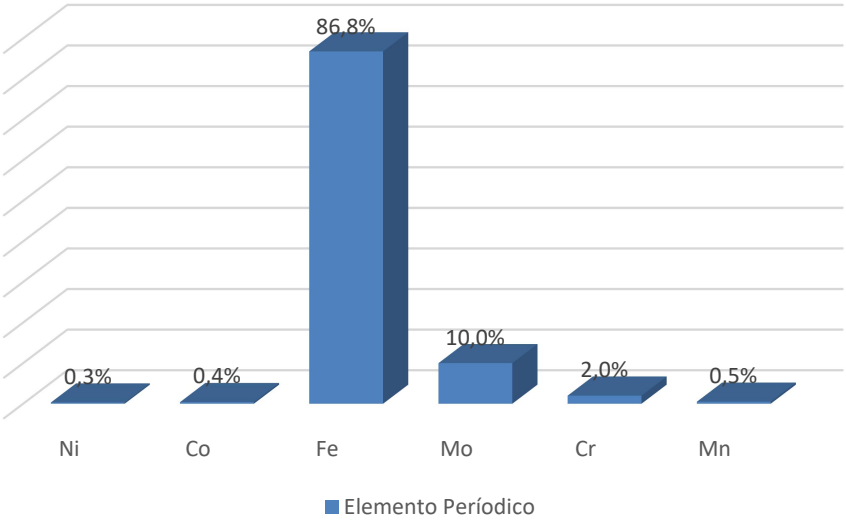

FIGURA 7 – Resultado da Análise da Composição Química do Material do PAD

Fonte: Autor

c) Método de afixação junto aos ativos

Para a montagem dos acelerômetros, a ISO 5349, define que os mesmos devem estar rigidamente montados para que as medições possam ser efetuadas, sendo que a rigidez derivada da definição da função com um grau de liberdade. Especifica, ainda, que a montagem não deve gerar quaisquer ressonâncias, amplitudes ou atenuações no sistema, proporcionalmente a maior linearidade possível ao sinal.

Desta forma, considerando-se a faixa de resposta em frequência do acelerômetro e sua aplicação em campo, dentro todos os tipos de montagem possíveis, conforme pode ser visualizado na Figura 8, optou-se por efetuar a montagem dos PADS junto aos ativos da unidade geradora através do uso de adesivo. Portanto, neste caso, para a medição preditiva de vibração com uso

dos sensores triaxiais, a base magnética (com desconexão rápida, Figura 8) do sensor deve ser posicionada corretamente sobre a superfície do PAD instalado junto ao ativo, sendo que este posicionamento é garantido, fisicamente, pelo posicionamento físico do sensor junto à geometria do PAD. Tal detalhe físico pode ser observado na Figura 9.

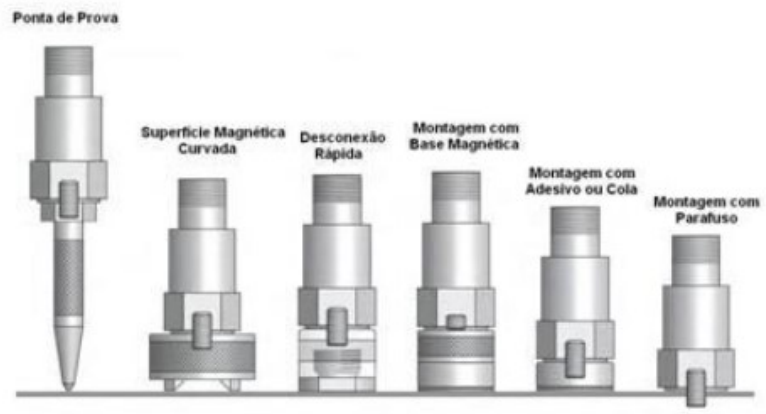

FIGURA 8 – Tipos de montagem dos acelerômetros

Fonte: CTC – Connection Technology Center Inc.

FIGURA 9 – PAD instalado em superfície preparada de um ativo qualquer

Fonte: Autor

As Figuras 10 e 11 demonstram, na prática, o posicionamento do sensor triaxial junto ao PAD, quando na execução de inspeção preditiva por análise de vibração fazendo uso deste tipo de tecnologia.

FIGURA 10 – PAD e sensor triaxial efetuando medição preditiva em mancal de gerador de uma usina térmica a carvão de 365 MW.

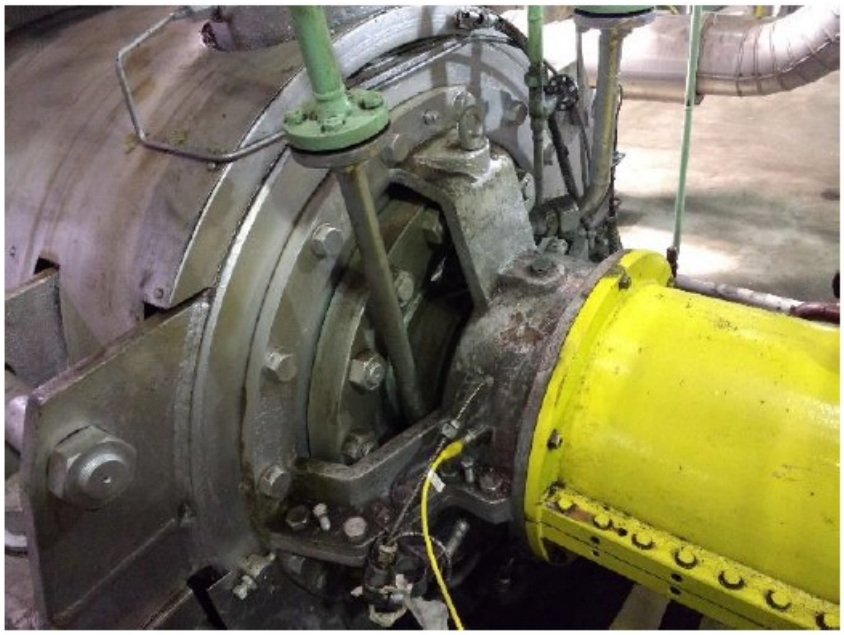

FIGURA 11 – PAD e sensor triaxial efetuando medição preditiva em mancal de turbobomba com pressão de recalque de 120 kfg/cm2 (bomba de água de alimentação da caldeira)

2.2 CUSTOS DE MATERIAIS E DE FABRICAÇÃO

Para o levantamento dos custos aplicados à implantação dos sensores triaxiais, foram considerados:

- Custo barra 1 metro aço inoxidável AISI 410;
- Custo cola adesiva (300ml);
- Custo usinagem dos PADS;
- Custo de preparação dos pontos

A Figura 11 relacionada, abaixo, em termos práticos, o levantamento extratificado dos custos mencionados:

AÇO INOX 410	R$ 332,43
COLA	R$ 1.497,60
USINAGEM	R$ 7.256,56
HORAS DE USINAGEM	101,87
MÉDIA HH USINAGEM	R$ 71,24
PREPARAÇÃO DE PONTOS	R$ 3.765,08
TOTAL DE PONTOS	446
HORAS DE PREPARAÇÃO	44,0
MÉDIA HH	R$ 85,57
CUSTO POR PONTO	R$ 28,82
CUSTO TOTAL	**R$ 12.851,67**

FIGURA 12 – Demonstrativo do custo médio aplicado à implantação dos sensores triaxiais

Fonte: Autor

2.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS SINAIS – SENSORES MONOAXIAIS E TRIAXIAIS

A etapa de análise comparativa dos sinais ocorreu com a premissa de comparar, efetivamente, os sinais obtidos por inspeções preditivas por análise de vibração fazendo-se uso de sensores monoaxiais e triaxiais, em diferentes tipos de ativos. Os principais escolhidos foram os seguintes:

- Motores elétricos;
- Ventiladores e exaustores industriais;
- Bombas centrífugas e de deslocamento positivo;

- Turbinas à vapor;
- Acoplamentos hidráulicos;
- Multiplicadores de velocidade

De forma a exemplificar a comparação realizada, a Figura 13 compara, efetivamente, duas inspeções realizadas com sensores monoaxiais e uma inspeção realizada com sensor triaxial.

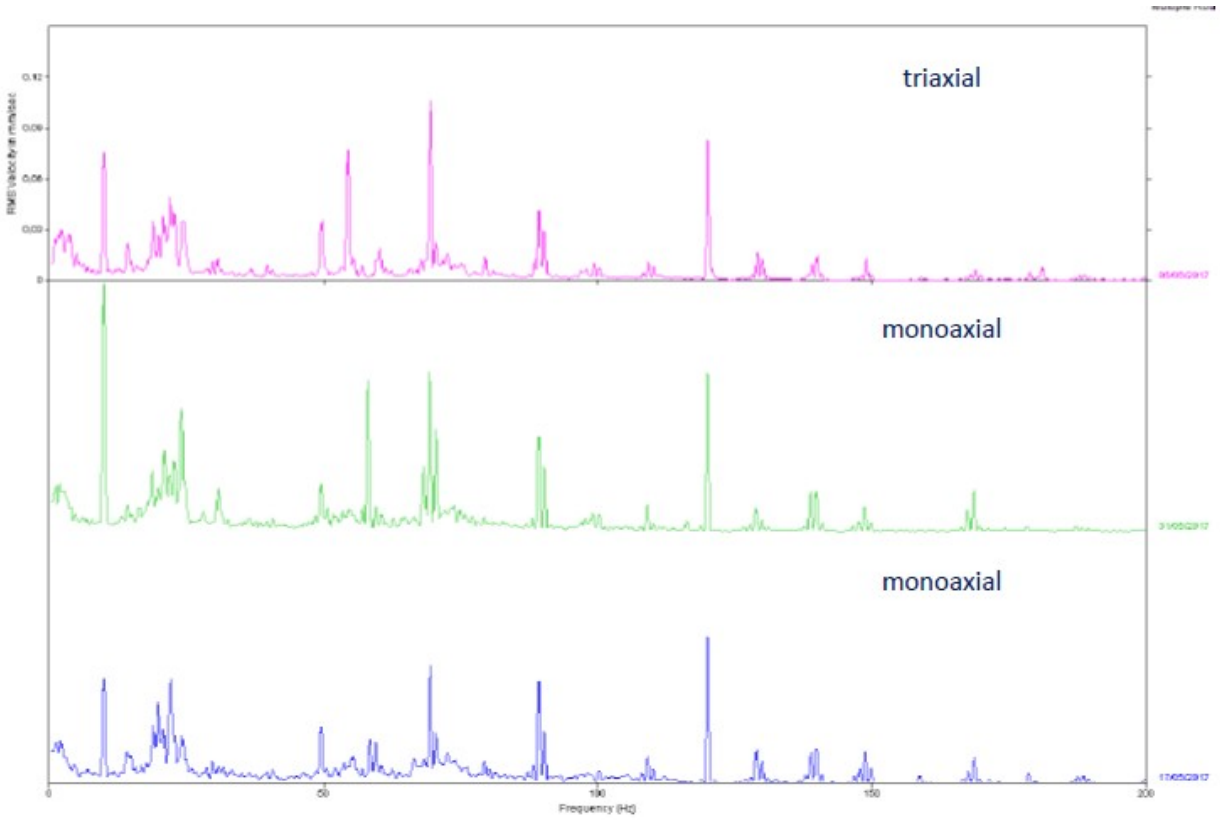

FIGURA 13 – Comparativo inspeções realizadas: sensores monoaxiais e triaxiais
Fonte: Autor

Conforme pode ser observado na Figura 13, os sinais aquisitados, em ambas as tecnologias de sensores aplicadas, possuem repetibilidade e manutenção das frequências e amplitudes, fato que corrobora para a confiabilidade, na prática, da técnica. É importante lembrar que pequenas variações são intrínsecas ao funcionamento próprio ativo e que estas ocorrem em tempo real de acordo com modulações no regime de trabalho do mesmo bem e, para esta caso, podem ser desconsideradas.

2.4 ANÁLISE COMPARATIVA DE APLICAÇÃO – SENSORES MONOAXIAIS E TRIAXIAIS

Na prática, espera-se que o uso de sensores triaxiais para inspeções preditivas por análise de vibrações, de forma rotineira, produza os seguintes resultados:

a) Redução do número de posições físicas inspecionadas devido às diferenças de princípios de funcionamento, proporcionando maior segurança aos analistas devido ao menor tempo de exposição próximo ao ativo em funcionamento, conforme pode ser visualizado na Figura 14.

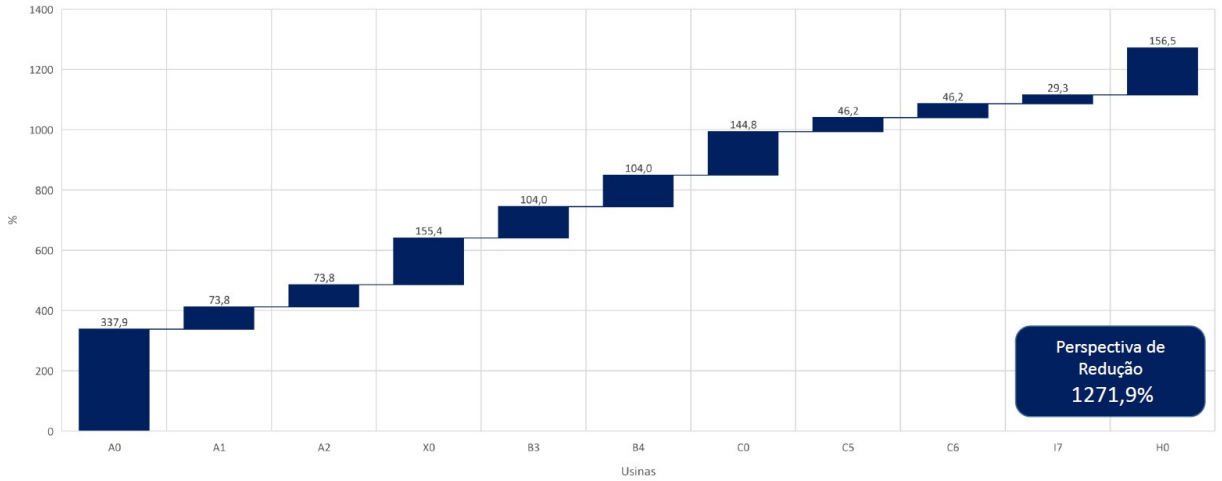

FIGURA 14 – Perspectivas de redução de pontos físicos de coleta com uso de sensores triaxiais

Fonte: Autor

b) Evolução do número de pontos de vibração inspecionados, devido à recuperação de pontos antes indisponíveis à inspeção.

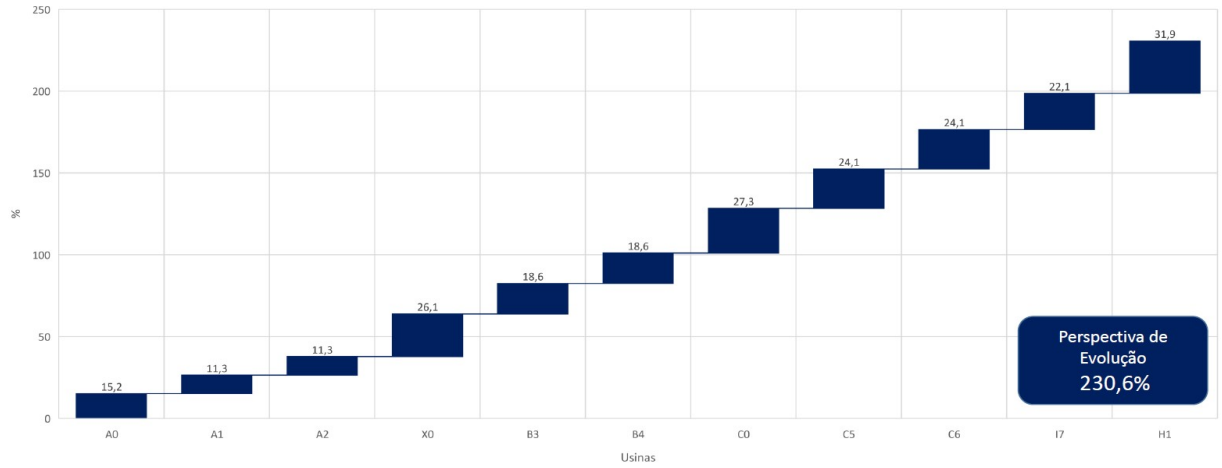

FIGURA 15 – Perspectiva de evolução do número de pontos inspecionados com uso de sensores triaxiais

Fonte: Autor

c) Redução do tempo efetivo de inspeção para pontos de vibração, proporcionando significativo aumento da produtividade da equipe preditiva;

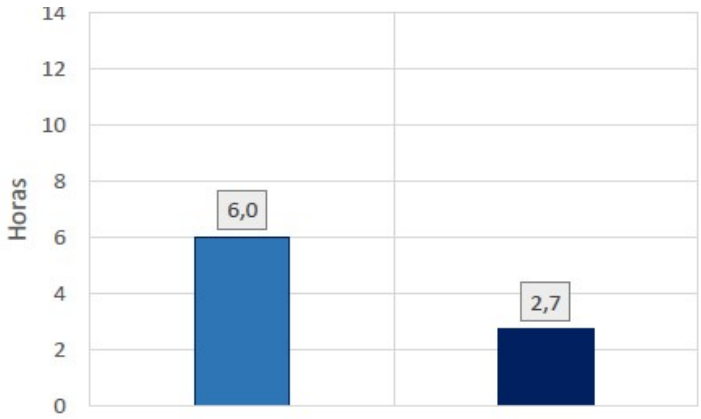

FIGURA 16 – Perspectiva de redução do tempo efetivo, em horas, para inspeção preditiva com uso de sensores triaxiais

Fonte: Autor

3.0 - CONCLUSÃO

O uso de sensores triaxiais para a inspeção preditiva de rotina, embora não amplamente difundido e aplicado devido aos cuidados e preparações inerentes à aplicação da técnica, impõe, ao cenário em que é utilizado, expressivos e massivos resultados a curto e principalmente médio e longo prazo, desde fatores relacionados à segurança, à extensão e abrangência do plano preditivo de análise de vibração e à produtividade da equipe preditiva de forma ampla e geral. Estando a geometria do PAD e a superfície em que o mesmo será instalado devidamente adequados à aplicação, os benefícios demonstrados ao longo deste trabalho podem ser facilmente obtidos, pois, devido ao seu princípio de funcionamento e características construtivas, ao passo que a geração de vetores 3D viabilizam a oportunidade de aumentar a taxa de inspeções preditivas em um dado período de tempo quando comparada à tecnologia monoaxial.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ROCHA, Diego Lilargem – Análise de Vibrações em Equipamentos Rotativos de uma Indústria Alimentícia

(2) PERLINGEIRO, A. R.; PIMENTA, G. M.; SILVA, S; E. – Geração de Energia Através de Materiais Piezoelétricos

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Lincoln Luiz Corrêa, 30 anos.
Trabalhou, de 2009 a 2013 como técnico de manutenção corretiva e preventiva.
De 2013 a 2018, trabalhou como técnico de manutenção preditiva.
De 2018 ao período atual, exerce a função de gerente de manutenção preditiva. Todas as funções mencionadas acima foram exercidas no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (857MW) da Engie Brasil Energia – Capivari de Baixo, SC, Brasil.