

## APLICACAO DE TECNICAS AVANÇADAS DE ANALISE VIBRACIONAL NA MANUTENCAO

**Henrique Thavares da Silva, Universidade Federal de Goias, thavares56@gmail.com**  
**Joao Paulo Ferreira da Silva, Faculdade UNA Uberlandia, joaopaulo.mec@hotmail.com**

***Resumo:** O artigo tem como objetivo demonstrar o conjunto de cuidados tecnicos indispensaveis para que as maquinas de um parque industrial, bem como outros instrumentos, instalacoes e ferramentas funcionem de maneira regular e permanente, pertencem acoes como a conservacao, a adequacao, restauracao, substituicao e prevencao. A manutencao, nosso objeto de estudo deve ser visto como um elemento chave tanto para a produtividade de uma planta quanto para a qualidade dos produtos. E um desafio industrial que implica em rediscutir as estruturas atuais inertes e promover metodos adaptados a nova natureza dos materiais. Dentre os tipos de manutencao, temos a preventiva, preditiva e corretiva, e outras que se encaixam dentro destes tres principais. Para o estudo da pesquisa, foram desenvolvidos estudos e pesquisas em situacoes distintas afim de obter diferentes resultados na aplicacao de tecnicas avançadas de análise vibracional na manutencao. A pesquisa quanto a sua natureza e pura/basica, qualitativa e para chegar aos objetivos gerais do estudo, este artigo abordou uma pesquisa explicativa.*

***Palavras-chave:** manutencao, tecnicas, aplicacao, vibracao*

### 1. INTRODUCAO

O conceito basico de análise vibracional consiste em análise de sistemas rotacionais medindo sua vibracao e comparando com graficos de valores predeterminados, nos quais e possivel avaliar rolamentos e os componentes perifericos aos rolamentos, como mancais de deslizamento.

A medicao e análise vibracional teve inicio efetivo na decada de 1970, com o desenvolvimento da industria petroquimica que gerou a necessidade de implantacao de sistemas de protecao de turbo maquinas. As vibracoes eram medidas através de analisadores com filtro sintonizavel, gravadores de fita magnetica e analisadores de espectro. Houve o surgimento da tecnologia de minicomputadores, que era fragil e dificil de ser mantida em ambiente industrial.

A aplicacao da análise de vibracao fortalece o campo de tecnicas avançadas para que os especialistas consigam melhorar as condicoes de trabalho das maquinas, tornando-se de fundamental importancia dentro do conceito de manutencao preditiva, ja que avalia de forma eficiente as condicoes dos equipamentos e, conseqüentemente, evita defeitos e falhas inesperadas.

### 2. DESENVOLVIMENTO

#### 2.1 Análise de Vibracao

Numa breve retrospectiva proposta por Santos (2010) temos que:

“Nas decadas de 1970 e 1980 eram utilizados medidores analógicos nacionais e importados operados a bateria, e os modelos com filtro, que permitiam o balanceamento de campo com uso de luz estroboscópica.

Tambem havia os analisadores espectrais que exigiam o uso de gravação em fita magnetica em campo e posterior reproducao em laboratorio.

De 1985 a 1994 ocorreu a implantacao da manutencao preditiva em grandes empresas, interessadas em identificar o tipo de falha e o periodo estimado para ela ocorrer. Com ela, surgiram os primeiros analisadores FFT de campo, operados a bateria e comunicados com os embriao PC e a evolucao para os coletores de espectros de vibracao. Com o desenvolvimento da eletronica, apareceram os coletores portateis de vibracao.

De 1994 a 2003, ocorreu um investimento vertiginoso das empresas em sistemas de manutencao preditiva, muitas vezes sem o correspondente investimento em desenvolvimento de recursos humanos necessarios para a obtencao de resultados consistentes. Desde 2003, o diagnostico e considerado uma ferramenta do processo, e o foco foi alterado para o gerenciamento de ativos, o aumento da disponibilidade e a disponibilizacao da informacao para outras areas da empresa.” (SANTOS, 2010)

A manutencao proativa para confiabilidade (PRM) e o passo seguinte a um bom programa de manutencao preditiva. Algumas empresas de classe mundial e de diferentes segmentos descobriram que este sistema, bem implantado, e o mais efetivo metodo de gerenciamento de risco, aumentando a confiabilidade e ajudando a obter o melhor retorno para os ativos. A tendencia das industrias de classe mundial e procurar obter altos niveis de eficiencia da planta, atraves da analise das informacoes e processos de controle de seus ativos.

De acordo com Amorim (2006):

Há numerosas fontes de vibracao em um ambiente industrial que tornam necessarias manutencoes frequentes e dispendiosas. O controle da vibracao e facilitado quando o agente motivador e identificado pela analise da resposta do sistema e, muitas vezes, as altas amplitudes de vibracao podem ser eliminadas por uma atuacao pratica simples, subsidiada por uma analise teorica bem feita (AMORIM, 2006).

Os Parametros de vibracao sao medidos em unidades metricas de acordo com recomendacoes das Normas DIN7090, ISO2372, atualmente substituida pela ISO10816.

## 2.2 Instrumentos de Análise Vibracional

A tendencia das industrias de classe mundial e procurar obter altos niveis de eficiencia da planta, atraves da analise das informacoes e processos de controle de seus ativos.

A evolucao desta tecnica de analise vibracional sofreu com o tempo, uma evolucao considerada primordial para que hoje seja considerada uma das principais utilizadas no ramo industrial.

Ao longo do tempo tivemos desde a chave de fenda, onde se realizava um contato da ponta da chave no ponto que se desejava checar e, encostava o ouvido no cabo da chave e entao ouvia o ruido. Neste caso, sem nenhum tipo de analise ou controle do nivel de espectro.

Aos poucos, surgiram ferramentas, como por exemplo o estetoscopio que veio substituir a chave de fenda, oferecendo um possivel controle nos ruidos diagnosticados, alem de maior seguranca a quem executava o procedimento.

A evolucao continuou, e hoje, podemos encontrar medidores, analisadores, monitores e transmissores de vibracao, todos com grande precisao na medicao e no controle dos resultados, e que alem de tudo, fornecem ferramentas e dados que podem ser melhor estudados para uma melhor

compreensão e aplicação na melhoria, como por exemplo, no analisador apresentado na figura 1 abaixo.



Figura 1 – Modelo de analisador de vibração.

A Análise de vibração permite que possíveis falhas em componentes móveis de uma máquina, possam ser identificadas pela taxa de variação das forças dinâmicas geradas. Tais forças afetam o nível de vibração, que pode ser avaliado em pontos acessíveis das máquinas, sem interromper o funcionamento destes equipamentos, e essas taxas só podem ser analisadas com uma precisão aceitável por norma, se realizada com equipamentos e ferramentas corretas, e que podem fornecer essa qualidade.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Aplicação de Análise Vibracional na Manutenção

Conforme Pereira (2010) a implementação da análise vibracional na manutenção deve seguir algumas etapas, que refere se a:

- 1 – Orientar o levantamento junto aos responsáveis, dos equipamentos a serem classificados para o monitoramento;
- 2 – Orientar o cadastramento individualizado dos equipamentos no sistema adquirido, definindo níveis de alarme, faixas de medição, parâmetros utilizados, frequência de coleta de dados, etc.;
- 3 – Configuração da rota de coleta de dados de acordo com o layout da planta fabril;
- 4 – Elaboração de métodos adequados para a implantação do Plano de Manutenção Preditiva / análise de vibrações.
- 5 – Acompanhamento dos dados das coletas nas rotas;
- 6 – Relatórios com as seguintes informações:
  - Total de máquinas monitoradas,
  - Condição dos equipamentos após o enquadramento nos seus respectivos alarmes (gráfico demonstrativo),
  - Tipos de defeitos encontrados (gráfico demonstrativo),
  - Resumo geral da condição de equipamento,
  - Recomendações e observações de como eliminar os problemas encontrados.
- 7 – Elaboração do plano de ação de melhorias contínuas; (Pereira, 2010, p.175).

Do ponto de vista vibracional, a grande maioria das máquinas é composta por um par de eixos, cada qual com dois ou mais rolamentos e algo os conectando, como por exemplo um acoplamento, uma correia ou uma caixa de transmissão.

Os fatores determinantes de uma máquina que podem ser diagnosticados por um teste não são tamanhos, criticidade ou complexidade, mas sim, se há qualquer grande e rápida variação nas condições da máquina: velocidade, carga e etc.

A maioria das máquinas rotativa possuem constância em seu estado no dado tempo necessário para realizar um teste de vibração e apenas algumas máquinas requerem realmente um especialista utilizando um analisador de vibração avançado. Estes equipamentos devem ser deixados a cargo de consultores e especialistas.

Eisenmann (1997 apud JESUS; CAVALCANTE, 2011) afirma que desbalanceamento é uma das fontes mais comum de vibração em máquinas e equipamentos, e cita que vibrações causadas por desbalanceamento normalmente dominam o espectro e ocorrem na frequência de rotação (1 x RPM).

O desbalanceamento acontece devido a uma alteração no equilíbrio das forças radiais que atuam sobre o eixo da máquina. A causa mais comum é o acúmulo de material sobre volantes de inércia, hélices de ventiladores, hélices de ventoinhas de motores, etc., mas pode ser causado também por perda de massa como a quebra de uma hélice, por exemplo. Se um componente específico (como ventilador, motor, rotor, por exemplo), é afetado individualmente por desbalanceamento, esse componente vibrará mais que os outros, mas se a fonte for um acoplamento, ocorre de todo conjunto da máquina vibrar.

De acordo com Melo (2008), quando o conjunto gira as forças dinâmicas interagem entre si, excitando vibrações no sistema. Mesmo com as máquinas bem alinhadas inicialmente, à frio, vários fatores podem afetar esse estado, tais como a dilatação térmica dos metais (quando da máquina em funcionamento), os assentamentos de fundação e a deterioração de ancoragens (MELO, 2008).

O desalinhamento, ilustrado abaixo na figura 2, é um problema tão comum como o desbalanceamento.

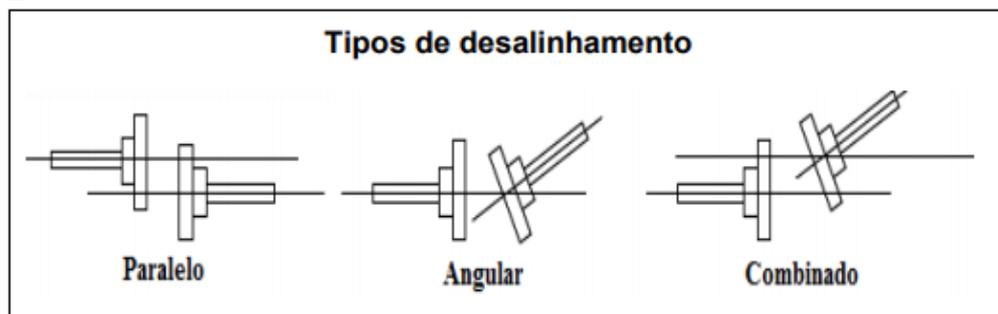


Figura 2 – Tipos de desalinhamento

Esse tipo de vibração é muito comum em selos de máquinas rotativas ou quando há eixos empenados, partes quebradas ou danificadas que levam ao atrito entre metal, situação que pode ocorrer por conta de apoios danificados nos mancais. O roçamento produz espectros semelhantes aos das folgas mecânicas, e gera uma série de frequências excitando uma ou mais ressonâncias. (JESUS; CAVALCANTE, 2011)

Abaixo temos três espectros característicos de desbalanceamento, desalinhamento e roçamento, respectivamente nas figuras 3, 4 e 5.

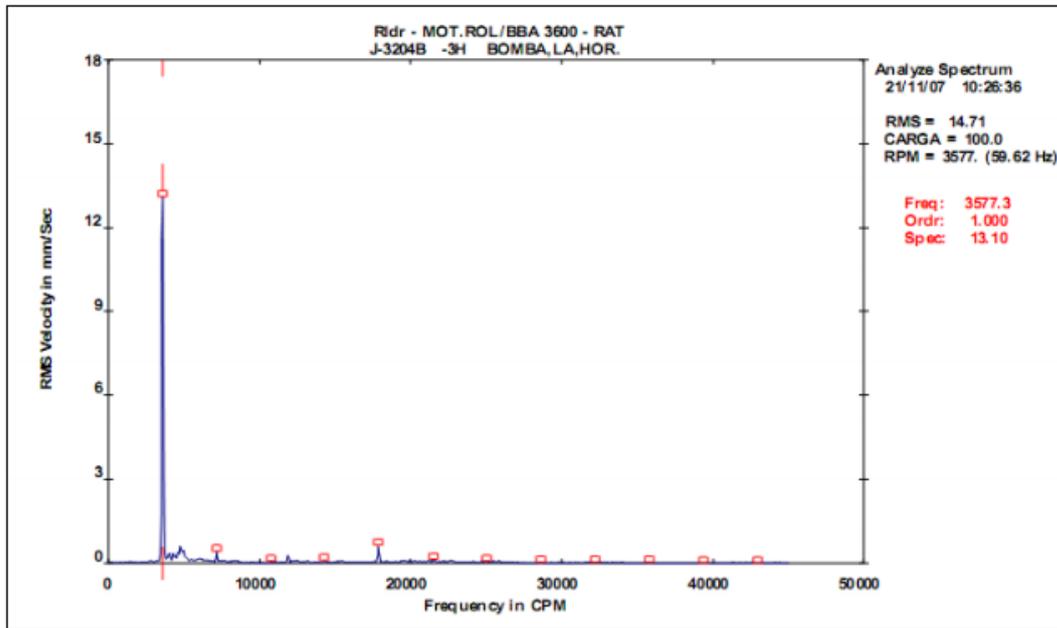


Figura 3 - Espectro de desbalanceamento

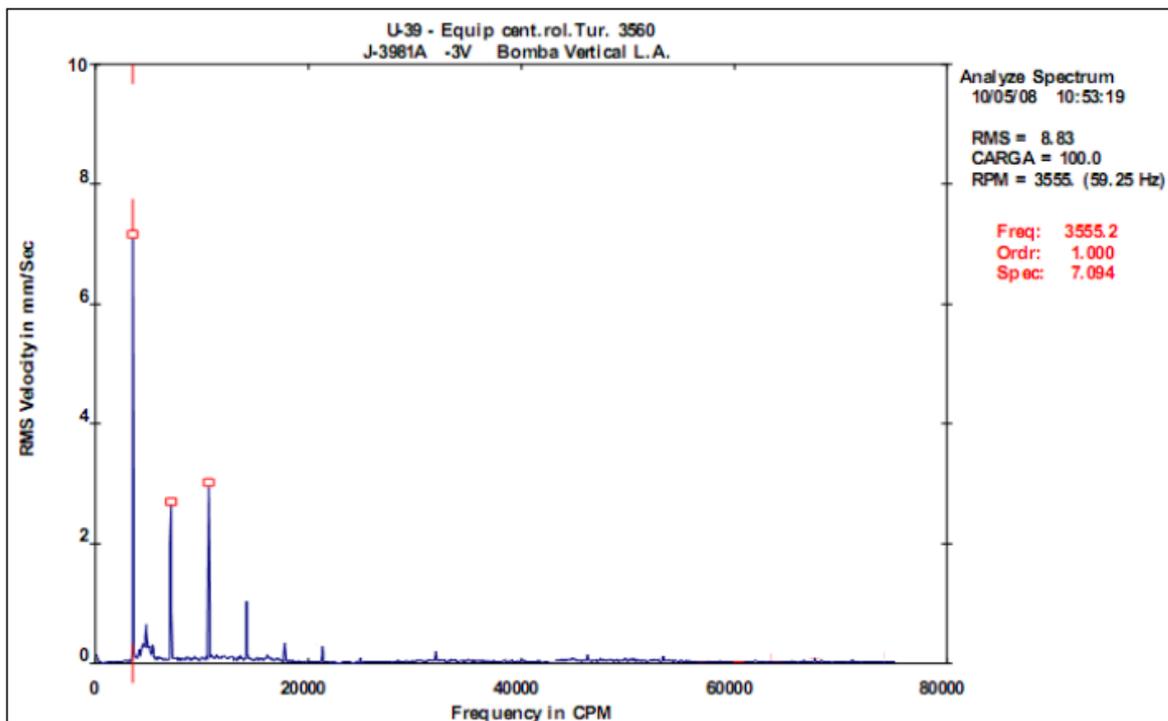


Figura 4 – Espectro de desalinhamento

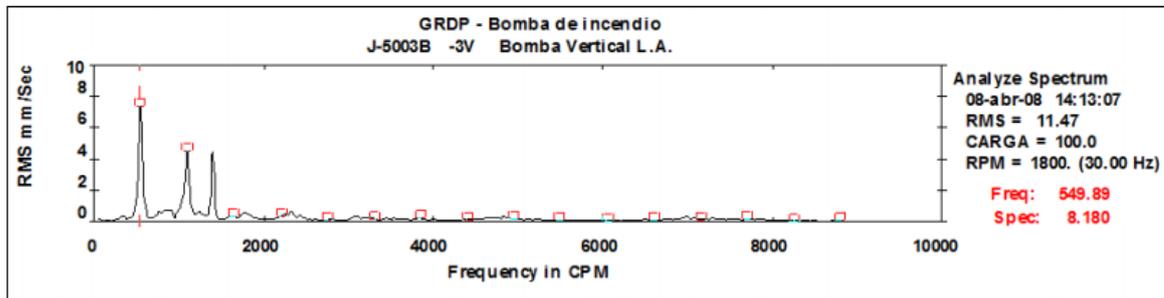


Figura 5 – Espectro de Roçamento

A premissa fundamental sobre a qual se baseia a análise de vibração como técnica aplicada à manutenção industrial é:

Cada componente ou cada tipo de deficiência mecânica de uma máquina em operação produz uma vibração de frequência específica que em condições normais de funcionamento, alcança uma amplitude máxima determinada (YA' CUBSOHN, 1983 apud MARÇAL; SUSIN, 2005).

A metodologia básica recomendada por Marçal (2005) é a seguinte:

- 1) Medição de frequência para identificar a origem da vibração – o conhecimento da frequência permite identificar o componente da máquina ou a natureza da falha que produz a vibração.
- 2) Medição da amplitude para avaliar a vibração e conseqüentemente o funcionamento normal ou anormal do sistema – a medição da amplitude permite avaliar por comparação com valores limites, previamente estabelecido, se a vibração corresponde a um funcionamento normal ou anormal e o grau de importância da falha detectada (MARÇAL E SUSIN, 2005).

Desta feita, é possível medindo-se e analisando-se a vibração, estabelecer sua origem, identificar cada componente da máquina e o tipo de falha que a está gerando, além, de avaliar o estado mecânico do componente que a produz ou a gravidade da deficiência detectada.

### 3.2 Aplicação de bancadas de testes de vibração

Mancais de rolamento com defeito sobre as pistas, esferas ou rolos, usualmente causam vibrações em altas frequências. Isso se explica devido à natureza das forças dinâmicas que excitam o rolamento defeituoso gerando vibrações. Por exemplo, uma falha na esfera passa pelas pistas interna e externa em uma sucessão de impactos com o dobro da frequência de rotação da esfera. A frequência fundamental da vibração será bem mais alta do que a do eixo e além disso, forças dinâmicas do tipo impulso geram vibrações de frequência muito alta, na faixa de ressonância estrutural das pistas do rolamento. A amplitude da vibração dependerá da extensão da falha no rolamento.

Com o objetivo de difundir os conhecimentos relativos às técnicas de monitoramento de equipamentos rotativos, algumas empresas possuem bancadas de testes que simulam um conjunto rotor-mancal. Essa bancada é composta por uma base metálica, motor e acoplamento, eixo e disco de inércia, mancais de deslizamento e suportes para sensores, conforme mostra a figura 6 abaixo:

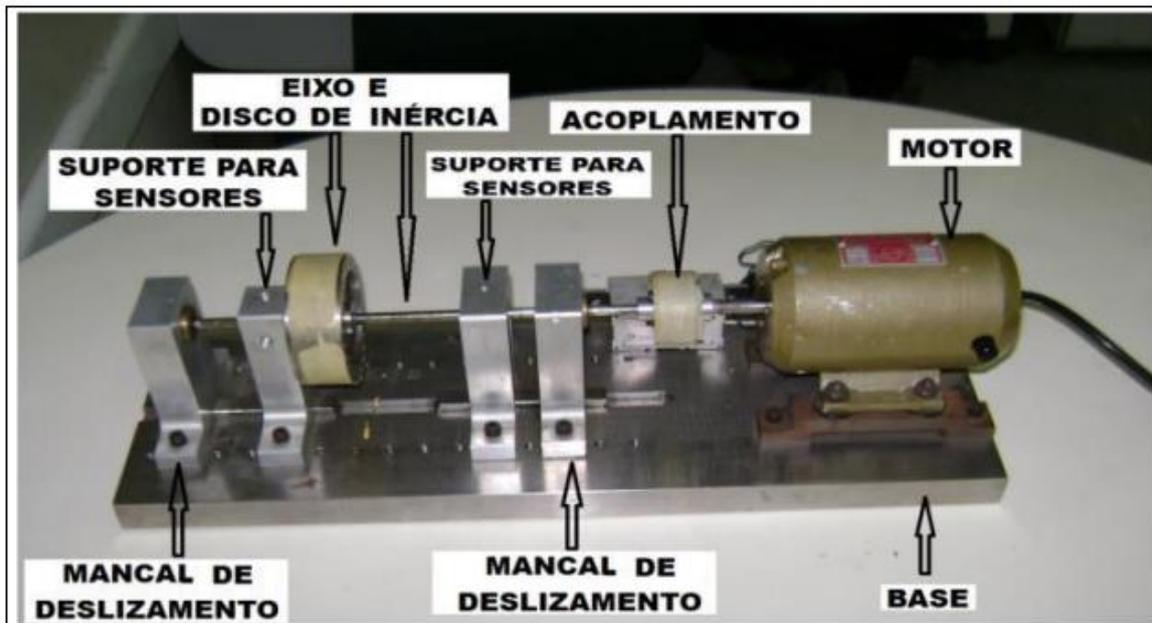


Figura 6 – Bancada de simulação de vibração

Na bancada os transdutores utilizam o princípio do contato, no qual é medido o movimento absoluto da máquina. Os transdutores são sensores de aceleração (acelerômetros) (ASH210-A) constituídos basicamente por uma massa sísmica e um cristal piezoelétrico, utilizados na condição de nível global dos sinais coletados, com sensibilidade de  $100 \text{ mV/g} \pm 5\%$ , banda passante de 0,5 Hz - 15 kHz e base magnética.

Os analisadores portáteis, são aparelhos desenvolvidos objetivando acompanhar e verificar o estado de funcionamento de equipamentos dinâmicos. São projetados para terem operação simplificada, incorporando funções pré-programadas de armazenamento de rotas e coleta rápida de dados.

O coletor de sinais utilizado na bancada é um analisador portátil CSI 2130, que apresenta processamento contínuo, display colorido, bateria com autonomia de oito horas e cabo de comunicação com entrada USB.

Tendo em vista a condição que se deseja investigar, é preciso buscar um ponto externo acessível durante o funcionamento do equipamento, que seja portador das informações desejadas. A trajetória da vibração, desde a fonte até o ponto de medida deve ser a mais sólida e curta possível, garantido máxima fidelidade na transmissão. Por esse motivo, os pontos de medição devem ser sempre nos locais mais próximos da sustentação do equipamento. No caso dos equipamentos rotativos isso se dá nos mancais (DIAS; RODRIGUES; RAMALHO, 2009).

Na bancada são executadas medições nas posições vertical, horizontal e axial de cada mancal, e é medida a vibração nessas direções também no motor, como mostra a figura 7.

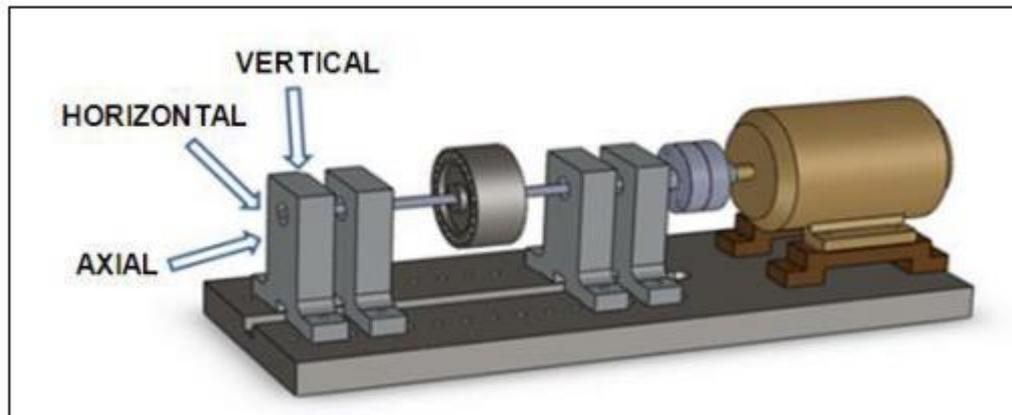


Figura 7 - Pontos de aquisição de dados na bancada.

#### 4. Considerações finais

É fato que as máquinas rotativas são equipamentos utilizados nos diversos ambientes do cotidiano, tornando-se elementos indispensáveis nas atividades humanas e devido ao alto nível de exigência em tais especialidades, conhecer o comportamento dinâmico dessas máquinas é fundamental.

No estudo realizado ao analisar experimentalmente um conjunto suportado por dois mancais de deslizamento, e suas respectivas respostas para os fenômenos de desbalanceamento, desalinhamento e roçamento, concluíram que a obtenção de conhecimento relativo aos principais fenômenos que afetam os equipamentos rotativos, através da aquisição de dados e análise da resposta do sistema simulando condições específicas de operação de equipamentos industriais, é ponto de partida para investigar não só estes como outros fenômenos de maneira contínua, contribuindo para solucionar vários problemas em máquinas industriais.

Devido às características particulares da técnica de vibração, pode obter com sua aplicação a redução dos custos e dos tempos de paradas para inspeções, a rapidez no diagnóstico de falhas detectadas.

## Referências

- PEREIRA, Mário Jorge. Técnica avançadas de manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2010.
- SANTOS, Valdir Aparecido dos. Prontuário para manutenção mecânica. São Paulo: Ícone, 2010.
- MARÇAL, Rui F. M.; SUSIN, Altamiro A. Detectando falhas incipientes em máquinas rotativas. Revista Gestão Industrial. v. 01, n. 021: pp. 083-092, 2005.  
Disponível em: [www.lapsi.eletr.ufrgs.br/english/producao/teses/marcal](http://www.lapsi.eletr.ufrgs.br/english/producao/teses/marcal)
- AMORIM, M. José. Desenvolvimento de uma Bancada Didático-Experimental de Baixo Custo para Aplicação em Controle Ativo de Vibrações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Campinas – SP: Universidade Estadual de Campinas, 2006.
- JESUS, S.S. de; CAVALCANTE, P.F. Utilização de bancadas de ensaio para estudo do comportamento dinâmico de máquinas rotativas – vibrações mecânicas. Holos, Ano 27, V. 3, 2011
- MELO, M. Arco-Verde. Identificação de Falhas em Sistemas Rotativos Empregando Técnicas não Lineares. Rio de Janeiro – RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. Dissertação de Mestrado.
- MARÇAL, Rui F. M.; SUSIN, Altamiro A. Detectando falhas incipientes em máquinas rotativas. Revista Gestão Industrial. v. 01, n. 021: pp. 083-092, 2005.