

# VI SIMAC

## SIMPÓSIO ACADÊMICO

### DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

#### **Bancada de simulação de defeitos mecânicos utilizando análise vibracional**

**Autores: Gabriel Oliveira Santos, Lucas dos Santos Rocha, Victoria Maria Veloso Carvalho<sup>1</sup>**

**Orientador: Dr. Rogério Issamu Yamamoto**

#### **Resumo**

A vibração é um parâmetro crucial em programas de manutenção preditiva por revelar o estado operacional das máquinas, dessa maneira a análise vibracional apresenta-se como uma técnica fundamental na detecção precoce de danos. Porém, a identificação desses comportamentos é complexa, exigindo compreensão das interações entre componentes. Assim, as bancadas de simulação de defeitos mecânicos auxiliam no processo de estudo de problemas, pois replicam sistemas completos e com características técnicas encontradas no modelo real. O artigo propõe a construção de um conjunto do tipo rotor-mancal capaz de simular desbalanceamento e dois tipos de desalinhamento: paralelo e angular. O objetivo do projeto é servir como ferramenta de apoio a investigação dessas falhas, além de promover suporte nas aulas de manutenção e vibrações mecânicas em cursos superior e técnico. O equipamento projetado inclui dois mancais de rolamento que suportam o eixo rotativo, o qual possui um volante de massa para induzir desbalanceamento, ademais o motor trifásico para acionamento do sistema é posicionado em uma base regulável em altura, permitindo desalinhamento com o rotor. Para captura e processamento dos dados de vibração são utilizados sensores MPU-6050 e o controlador Arduino® MEGA 2560. Os resultados preliminares mostraram sucesso na integração dessas tecnologias, permitindo identificação de padrões nos sinais de aceleração. Contudo, os próximos passos da pesquisa abrangem a montagem completa do dispositivo e aplicação de algoritmos de análise, para realizações e validação dos testes adicionais, garantindo a eficácia do sistema.

**Palavras-chave:** Análise vibracional. Bancada de simulação. Defeitos mecânicos.

#### **Introdução**

Segundo Palmeiras (2020), a gestão eficaz dos recursos industriais é fundamental para empresas permanecerem competitivas e sustentáveis. A fim de atingir tais metas a atividade da manutenção deve-se integrar de maneira eficaz ao processo produtivo.

De acordo com Alan Kardec, em entrevista à revista *Manutenção e Gestão de Ativos* (2023), as empresas excelentes gastam mais de 50% dos seus recursos em manutenção preditiva. Isto é, há o investimento em técnicas de coleta e análise de dados visando identificar tendências e antecipar falhas e, assim, garantir o bom estado dos ativos industriais. Para o entrevistado, esse é o cenário que deve ser buscado, pois investir no estudo de defeitos contribui com o aumento da segurança operacional, confiabilidade e, conseqüentemente, melhoria dos resultados financeiros.

Em um programa de manutenção preditiva, a vibração é um dos parâmetros mais importantes a serem considerados. Esses sinais revelam conhecimentos sobre o estado das máquinas em operação já que

---

<sup>1</sup> Faculdade Engenheiro Salvador Arena, Centro Educacional da Fundação Salvador Arena, Estrada dos Alvarengas, 4001 - São Bernardo do Campo - SP

# VI SIMAC

## SIMPÓSIO ACADÊMICO

### DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

estão diretamente ligados a dinâmica do equipamento. Assim, ao observar padrões divergentes em relação à condição de referência e com base no monitoramento e registro desses dados, é possível realizar análises e chegar a conclusões sobre a possibilidade de avarias (Sutar *et al*, 2018).

Dessa maneira, a análise vibracional é uma técnica fundamental para detecção precoce de danos em máquinas. Essa prática consiste na medição da vibração dos sistemas através de sensores específicos e comparação dessas informações com padrões de referência comportamental dos seus elementos por meio do uso de softwares especializados (Silva e Silva, 2021).

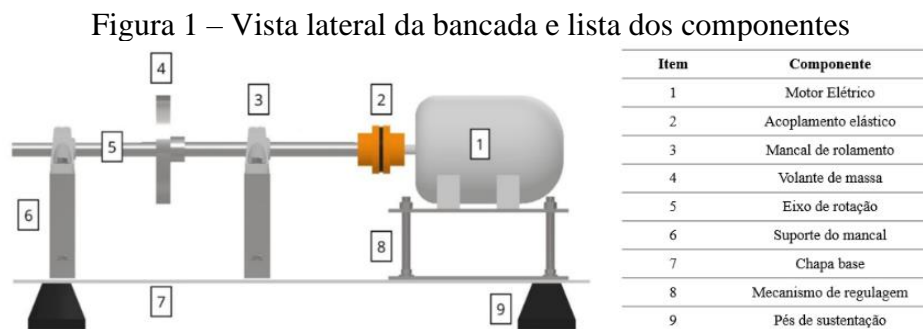
Porém, identificar o comportamento de sistemas dinâmicos é uma tarefa complexa que requer compreensão profunda dos diferentes efeitos de interação entre seus componentes, dessa forma, ferramentas de simulação de falhas são essenciais e amplamente empregadas em empresas para validar e aprimorar modelos teóricos (Cavalcante e Jesus, 2011).

Diante das considerações anteriores, este artigo visa a construção de uma bancada de simulação de defeitos mecânicos utilizando análise vibracional do tipo rotor-mancal com o objetivo de simular desbalanceamento e dois tipos de desalinhamento: paralelo e angular. Este conjunto também pode servir de instrumento de auxílio na didática de matérias, como manutenção e vibrações, em cursos de nível superior e técnico. Ao longo do artigo são apresentados a metodologia empregada no desenvolvimento do projeto e os resultados preliminares das etapas já concluídas.

## Metodologia

A Bancada de Simulação de Defeitos Mecânicos utilizando Análise Vibracional tem como objetivo replicar a estrutura básica de uma máquina do tipo rotor-mancal. A estrutura mecânica foi desenvolvida no programa Autodesk Inventor, software 3D que permite modelagem e montagem de projetos mecânicos. A figura 1 retrata a vista lateral do equipamento e a lista dos componentes.

A composição do conjunto inclui um eixo de rotação (item 5 da figura 1), que sustenta um volante de massa perfurado (item 4 da figura 1), ao qual são adicionados pesos para induzir o desbalanceamento, e dois mancais de rolamento (item 3 da figura 1), montados em suportes (item 6 da figura 1). O sistema é acionado por um motor trifásico de ½ CV (item 1 da figura 1), instalado em uma base com mecanismo de ajuste de altura (item 8 da figura 1) para simular desalinhamento paralelo e conectado com o eixo por meio de um acoplamento elástico (item 2 da figura 1). Por fim, há fixação na chapa base (item 7 da figura 1) que é sustentada por quatro pés de borracha (item 9 da figura 1).



Fonte: Autoria própria (2024)

# VI SIMAC

## SIMPÓSIO ACADÊMICO

### DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

A captação dos sinais de vibração nos dois mancais de rolamento, pontos de medição escolhidos seguindo a Norma ISO 3945, é realizada com uso de sensores de modelo MPU-6050. Este é um instrumento de baixo custo e grande eficiência, além de possuir uma integração simples com o hardware selecionado.

O inversor de frequência WEG CFW500 é responsável pelo acionamento do motor trifásico e o Arduino® MEGA 2560, utilizando relés, atua no controle deste item. Esta placa recebe os dados de aceleração através da porta I2C e o usuário é capaz de interagir com o sistema utilizando a interface de visualização gerada no software LabVIEW®. O diagrama funcional do projeto é demonstrado na figura 2.

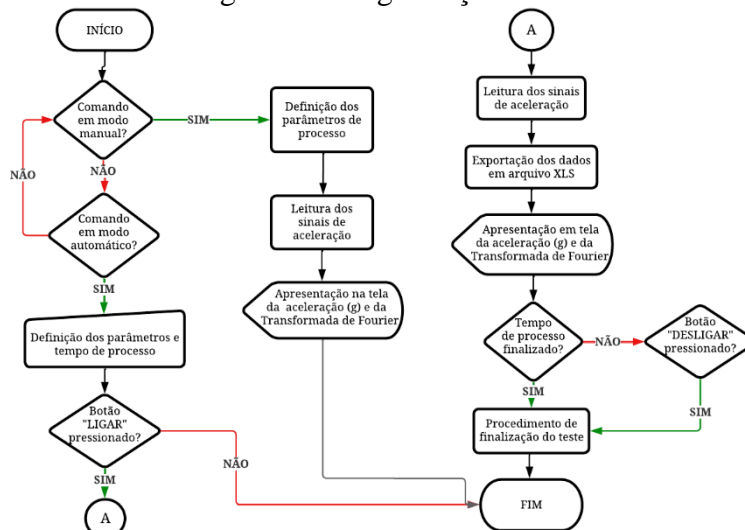
Figura 2 – Diagrama funcional



Fonte: Autoria própria (2024)

A programação implementada no controlador é desenvolvida na linguagem de programação gráfica do LabVIEW®, utilizando a biblioteca Hobbyist Toolkit. Essa ferramenta permite a interação direta com a plataforma de prototipagem por meio de comunicação serial, admitindo a geração e gravação do firmware no microcontrolador sem necessidade do desenvolvimento do código na IDE em linguagem C++. O fluxograma que a representa está exposto na figura 3.

Figura 3 – Programação da bancada



Fonte: Autoria própria (2024)

# VI SIMAC

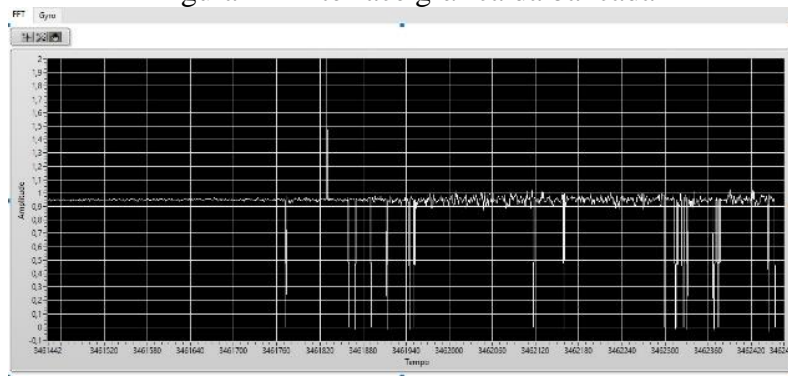
## SIMPÓSIO ACADÊMICO

### DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

Como demonstrado, a operação da bancada pode ser feita de forma manual ou automática. No primeiro modo não há controle do motor, apenas captação constante dos dados e com os gráficos sendo exibidos na tela. Enquanto no segundo, a programação controla a captura dos sinais de forma temporizada ou contínua, conforme o botão “Desligar” não seja pressionado ou o tempo definido pelo usuário não seja atingido. As informações adquiridas de aceleração e tempo são exportadas a um arquivo no formato XLSX quando o botão "Iniciar Gravação" é selecionado.

A interface gráfica criada na plataforma selecionada possui configuração do canal de comunicação com o hardware, comando do sistema e controle da exportação das informações coletadas, além do retorno dos dados de aceleração (força g).

Figura 4 – Interface gráfica da bancada



Fonte: Autoria própria (2024)

## Resultados preliminares

Os resultados iniciais do desenvolvimento da Bancada de Simulação de Defeitos Mecânicos utilizando Análise Vibracional mostraram-se promissores, como observado no gráfico da figura 4 gerado após realização do teste de sensorização do motor trifásico. O ensaio foi feito com o emprego do Arduino® MEGA 2560, sensores MPU-6050 e software LabVIEW®, e provou que com este sistema é possível coletar e processar os dados de vibração, permitindo ao usuário identificar padrões através de mudanças na amplitude do sinal em diferentes condições do componente.

Embora a pesquisa ainda esteja em andamento, os resultados indicam que o conjunto pode ser uma ferramenta eficaz no diagnóstico de falhas em sistemas rotativos. A próxima fase é focada na montagem mecânica e elétrica, implementação da Transformada Rápida de Fourier como técnica de análise de vibração e testes para validação da capacidade do projeto em simular e detectar as três falhas propostas.

## Referências

CAVALCANTE, Paula Francinetti; JESUS, Solival Santana. Utilização de Bancadas de Ensaio para Estudos do Comportamento Dinâmico de Máquinas Rotativas. **Holos**, [S. l.], v. 3, p. 18–40. Salvador, 2011. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/590/442>. Acesso em: 07 mar. 2024.

# VI SIMAC

## SIMPÓSIO ACADÊMICO

### DA FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

FERREIRA, Fabrizio Uchôa; PIKANÇO, Gabriel Dias. **Desenvolvimento de uma Bancada de Automação para Acionamentos**. 2019. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2019. Disponível em: <https://www2.unifap.br/eletrica/files/2019/07/DESENVOLVIMENTO-DE-UMA-BANCADA-DE-AUTOMA%C3%87%C3%83O-PARA-ACIONAMENTOS.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024.

KARDEC, Alan. **Manutenção e Gestão de Ativos**: Abraman. Rio de Janeiro, edição 169, abr. 2023. Trimestral. Disponível em: <https://revista.abraman.org.br/books/lirt/#p=1>. Acesso em: 16 abr. 2024.

PALMEIRAS, Diego Claudino. **Monitoramento Preditivo Online de Ativos Industriais: preditiva voltada à confiabilidade em ativos industriais**. 2020. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Rede de Ensino Doctum, Unidade Juiz de Fora, 2020. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3701/1/Diego%20Palmeiras.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2024.

SILVA, Henrique Thavares da; SILVA, João Paulo Ferreira da. Aplicação de Técnicas Avançadas de Análise Vibracional na Manutenção. In: SIENPRO: Simpósio de Engenharia de Produção, 3., 2021, Catalão. **Anais do III SIENPRO**. Catalão: Universidade Federal Catalão, 2021. p. 0-9. Disponível em: <https://sienpro.catalao.ufg.br/p/39261-anais-do-iii-sienpro-2021-issn-2594-410x>. Acesso em: 03 mar. 2024.

SUTAR, Sagar *et al.* Vibration Analysis of Rotating Machines with Case Studies. **International Journal of Scientific & Technology Research**. [S. L.], p. 70-76. jul. 2018. Disponível em: <https://www.ijstr.org/final-print/july2018/Vibration-Analysis-Of-Rotating-Machines-With-Case-Studies.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2024.