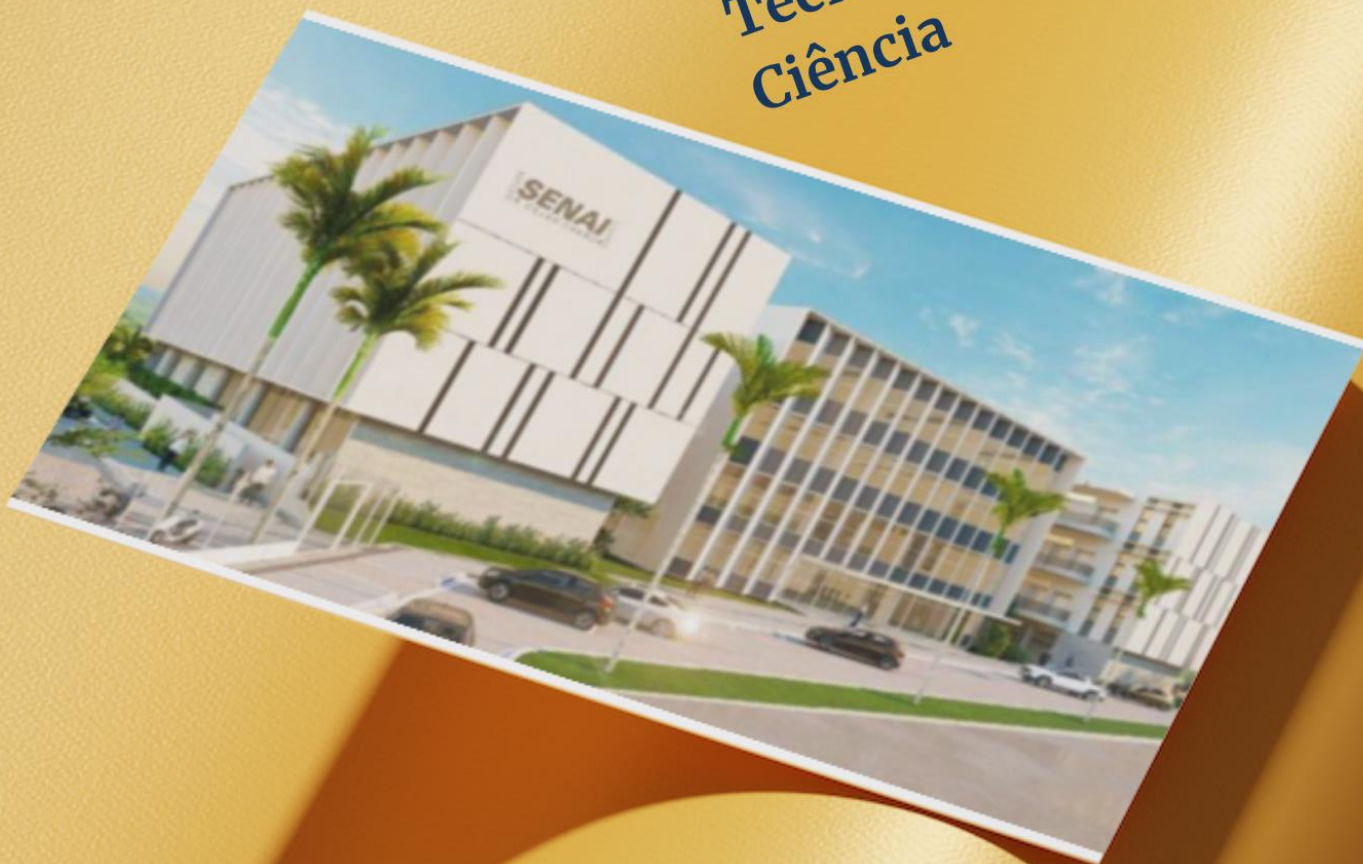


e-TEC

Revista de
Tecnologia e
Ciência



Ano da virada!

**A Faculdade da Indústria Senai Londrina
Aguarda a divulgação oficial do
Centro Universitário UniSenai Pr
Campus Londrina**

Edição V1 – ano 2023 – Londrina Paraná

Corpo Editorial

Editor Chefe – Edição V1-2023

Prof. Dr. Vicente Gongora

Comitê Executivo

Prof.^a Adriana G. Carvalho

Prof. Antônio Carlos Rodrigues

Prof. MS.c Anderson A. Dos Santos

Prof.^a Dra. Camila F. Oliveira

rof. Fábio Rodrigo Milanez

Prof. Dr. Renato Kazuo Miyamoto

Prof. Dr. Rodolfo A. Hildebrandt

Prof. Wesley Candido da Silva

Editora: Centro UniVersitário UniSenai Londrina

ISSN: 2358-5528

Direitos reservados

Centro Universitário UniSENAI Londrina

Rua Belém, 844 – Londrina PR.

43 -3294-5100

Partes desta publicação poderão ser reproduzidas, sem a autorização prévia ou escrita deste Editor, desde que citada a fonte. Este periódico publica nomes individuais, comerciais, marcas registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos. Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores.

Editorial

Olá, este é o ano da virada das Faculdades da Indústria SENAI em Centro Universitário; aguardamos com grande expectativa esta ótima notícia.

O que isso significa? Mostra que estamos no caminho certo; priorizamos a inovação, para que vocês acadêmicos obtenham sucesso efetivo! Isso mesmo, nosso trabalho, visa a qualidade do seu aprendizado; para que você seja referência e se destaque em sua área de atuação. Somos inovadores, por natureza, em projetos educacionais com foco em melhorar a competitividade da indústria. No ensino superior; construímos um ambiente de experimentações e desenvolvimento de soluções reais provenientes da própria indústria. E quais são as expertises essenciais para esta construção? Uma delas é que nossa comunidade comunique da melhor forma possível, o que estuda e desenvolve para o mercado! Isto posto, reservamos este editorial para atender uma demanda, recorrente da comunidade acadêmica; visando, contribuir com esta questão respondendo a seguinte questão:

Quais são os itens importantes ou obrigatórios, que o estudante do ensino superior precisa estabelecer em seu projeto científico, para comunicar de forma eficaz o seu projeto para o mercado?

1. **Resumo do Projeto:** Resume o que o projeto se propõe a fazer e qual é o propósito principal.
2. **Justificativa:** Por que este projeto é importante? Destaca a relevância e a necessidade do projeto.
3. **Problemas:** Descreve as questões que o projeto pretende abordar ou melhorar.
4. **Hipóteses:** Previsões sobre os resultados esperados; evidenciar .
5. **Objetivos gerais e específicos:**
 - Objetivo Geral: O resultado final que se espera alcançar com o trabalho.
 - Objetivos Específicos: Detalhes que contribuem para atingir o objetivo geral.
6. **Metodologia:** Descrever os métodos e procedimentos que serão utilizados para desenvolver o projeto; e, incluem a coleta de dados, experimentos, entrevistas, etc.
7. **Referencial teórico:** São as teorias, relevantes, que sustentam o projeto. Aqueles conceitos e conhecimentos existentes que ajudam a entender o problema.
8. **Cronograma detalhado:** É o plano de ação, onde as etapas e os prazos para cada parte definida no projeto; visa manter o projeto no caminho certo.
9. **Comentários finais:** reflexões sobre o projeto e suas possíveis implicações.
10. **Referências bibliográficas e fontes consultadas:** lista todas as fontes, livros, artigos e recursos utilizados para pesquisar, que serviram de apoio no desenvolvimento do seu projeto. Contribuindo para dar crédito às fontes de informação e a evitar o plágio.

Esses são elementos essenciais em um projeto ou de pesquisa acadêmica, e entender cada um deles é fundamental para planejar e executar um projeto com sucesso. Aproveite os exemplos trazidos neste periódico e boa leitura.

Prof. Dr. Vicente Gongora

Tradicional aula Inaugural de volta às aulas - destaques

No dia 13/03, alunos e professores compartilharam experiências e boas práticas de aprendizagem; momento em que realizaram o cadastro em peso na inovadora plataforma #empregasenai; que trata de forma inteligente os dados do LinkedIn; que evidencia as necessidades da empresa e o melhor currículo cadastrado dos candidatos.

Celebramos no segundo semestre de 2022, o reconhecimento dos cursos de Engenharia de Software, Engenharia Elétrica e de Tecnologia em Automação Industrial, nas ações de acolhimento e de comunicação com a sociedade, fortalecendo o nosso posicionamento no desenvolvimento da ciência para a solução de problemas reais do mercado industrial.



Quando nossos acadêmicos e professores compartilham as boas práticas e outras experiências de aprendizagem; se sentem realizados e o entusiasmo de cada um é notório; este já é um momento tradicional no ensino superior de Londrina. Os novos talentos podem se imaginar como sendo os próximos atores; e, que já fazem parte desta poderosa ação de engajamento. Sejam bem vindos!

Encontro Pós graduação realizado em março/2023 - os palestrantes e comunidade externa foram convidados a discutir em detalhes o fomento, a economia e o papel dos líderes na Indústria 5.0!

Encontro Pós-Graduação - UniSenai Pr - Londrina Economia, Fomento e Liderança na Indústria 5.0!



UNISENAI PR LONDRINA



Encontro marcado em Junho 6° Mostra de resultados

Nos dias 19, 20 e 21 -
Engenharia de Software

Nos dias 22 e 23 -
Engenharia Mecânica e

Nos dias 26, 27 e 28
**Engenharia Elétrica e
Automação Industrial.**

horário - 19:00-22:00hs
Auditório - SENAI Londrina



Jornadas de Aprendizagem

Sumário

Capítulo I – Estudo para implantação de manutenção prescritiva em setor de moagem em indústria de milho	6
Capítulo II – Predição de falhas mecânicas em motores elétricos utilizando a análise dos sinais de vibração e redes neurais artificiais.....	23
Capítulo III – A importância dos desenhos técnicos na indústria	35
Capítulo IV – As tendências da instrumentação na manutenção prescritiva	39

Capítulo I – Estudo para implantação de manutenção prescritiva em setor de moagem em indústria de milho

Everson do Carmo Souza ¹

Paulo Henrique Brassal ²

Pitstone Elias ³

Rodolfo Alexandre Hildebrandt ⁴

Daniel Almeida Colombo ⁵

Vicente De Lima Gongora ⁶

RESUMO

Em uma sociedade com número crescente de pessoas e aumento no consumo a eficiência na indústria de produção e beneficiamento de alimentos representa disponibilizar mais alimentos, para mais pessoas em um espaço menor de tempo. A regularidade na produção dos alimentos pode impactar na previsão de preços e no suprimento mais uniforme destes produtos para o mercado. Neste contexto, julgou-se interessante a implantação de manutenção preditiva e prescritiva no monitoramento e controle de alguns parâmetros do motor elétrico que move o moinho martelo de uma empresa de beneficiamento de milho. A implantação deste tipo de manutenção trará grandes benefícios para empresa, como a possibilidade de previsão do período em que pode ocorrer a quebra do equipamento e uma solução mais rápida para tomada de decisão em caso de falha ou defeito.

Palavras-chave: Agronegócio; Manutenção prescritiva; Monitoramento.

ABSTRACT

In a society with a growing number of people and increasing consumption, efficiency in the food production and processing industry means making more food available to more people in a shorter space of time. Regularity in food production can impact price forecasts and a more uniform supply of these products to the market. In this context, it was considered interesting to implement predictive and prescriptive maintenance in monitoring and controlling some parameters of the electric motor that moves the hammer mill of a corn processing company. The implementation of this type of maintenance will bring great benefits to the company, such as the possibility of predicting the period in which equipment breakdown may occur and a faster solution for decision-making in the event of a failure or defect.

Keywords: Agribusiness; Prescriptive maintenance; Monitoring.

¹ Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, everson_forever@hotmail.com

² Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, paulobrassal@gmail.com

³ Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, pitstone.elias@hotmail.com

⁴ Doutor em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br

⁵ Mestre em Engenharia Mecânica, daniel_colz@outlook.com

⁶ Doutor em Engenharia Elétrica da UniSenai Londrina, vicente.gongora@sistemafiep.org.br

1. INTRODUÇÃO

O estado do Paraná é um dos maiores produtores de grãos do Brasil, sendo a soja, o milho e o trigo os principais produtos cultivados. Para auxiliar no plantio, colheita e realizar o beneficiamento destes grãos o Paraná conta com grandes cooperativas, onze delas figurando entre as maiores do mundo. A safra de grãos 2022/2023 no Paraná atingiu o volume de 46,6 milhões de toneladas, plantados em 10,85 milhões de hectares e gerando um faturamento de aproximadamente 200 bilhões de reais para setor.

Os produtos do Paraná são comercializados com 150 países. Para processar este grande volume de grãos e atender as demandas do mercado nacional e internacional, as indústrias de beneficiamento devem manter seus índices de produtividade elevados, evitando ao máximo paradas inesperadas na produção que possam atrasar o processo, principalmente em época de safra.

Foi realizado um estudo em uma indústria de beneficiamento de milho para identificar os equipamentos mais críticos com relação a produção, ou seja, aqueles equipamentos que no caso de falha interrompem a linha de produção. Dentre estes equipamentos foi selecionado o moinho martelo e para implantação de manutenção prescritiva foi selecionado o motor um que movimenta o moinho martelo, em caso de falha, o moinho para seu funcionamento, e por consequência toda a linha de montagem. Manter este motor operando de forma contínua, ou ter solução rápida para restabelecimento de sua função e retomar a produção é de grande interesse da empresa.

Pretende-se com a implantação da manutenção prescritiva no motor, evitar falhas intempestivas e ter disponível na máquina decisão ou informação para solução de possíveis problemas. Isso será executado através da medição, análise e controle de alguns parâmetros do motor, onde buscaremos prever um período de maior probabilidade de quebra. Bem como será implantado à máquina um sistema de tomada de decisão autônoma e/ou apresentação de solução para problemas, conforme análise destes parâmetros, sendo denominadas manutenção preditiva e manutenção prescritiva respectivamente.

Prever a quebra deste motor ou ter uma solução rápida para seu restabelecimento, diminuirá significativamente o tempo de parada da linha de

produção de milho da indústria, aumentará a produtividade e o volume de produtos disponibilizados para o mercado no mesmo período.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Tipos de manutenção

Existem três tipos principais de manutenção: corretiva (reparação após falha), preventiva (manutenção programada para evitar falhas) e preditiva (monitoramento em tempo real para identificar problemas antes que ocorram). Cada abordagem tem seu papel na gestão eficaz de equipamentos e sistemas.

Além dos três tipos principais de manutenção mencionados anteriormente, a manutenção prescritiva é uma abordagem emergente. Ela utiliza análise avançada de dados e inteligência artificial para não apenas prever falhas, mas também recomendar ações específicas para otimizar o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos, levando em consideração fatores como condições operacionais e histórico de manutenção.

2.1.1 Manutenção Corretiva

A corretiva é a mais antiga, menos complexa e mais cara das manutenções. Tal prática consiste na fixação ou substituição de componentes após a falha ou quando ela está prestes a acontecer. Muitas vezes não é programada, o que aumenta seu impacto financeiro (por custar caro e por atrasar a produção).

Logo, a corretiva, especialmente a emergencial, deve ser evitada com a ajuda dos outros tipos de manutenção, mas não excluída do plano. Afinal, nem tudo é previsível e evitável, e o gestor deve estar sempre preparado para uma substituição ou um conserto surpresa de um equipamento crítico. Como dissemos anteriormente, existem subtipos dentro dos tipos mais conhecidos de manutenção.

2.1.2 Manutenção Preventiva

Essencial para garantir a eficiência e a confiabilidade do maquinário industrial, a manutenção preventiva trabalha com atividades de detecção, substituição e reparação de componentes e ativos antes que alguma falha possa ocorrer. Explicando a definição da norma 5462 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as

atividades preventivas buscam reduzir o desgaste e a chance de falhas no equipamento, que geralmente surgem com o funcionamento inadequado.

Na prática, são as famosas revisões periódicas, lubrificações de rotina, calibrações e vistorias. Mas, apesar de as técnicas preventivas já serem muito populares, uma coisa que nem todos os manutentores sabem é que elas se dividem em dois tipos de manutenção: a preventiva baseada no tempo e a preventiva baseada na condição.

2.1.3 Manutenção Preditiva

Assim como a anterior, a manutenção preditiva se baseia nas condições atuais do ativo, podendo ser classificada como um monitoramento de rotina, idealmente realizado em tempo real. Tal monitoramento busca reduzir as falhas e desgastes do equipamento através de coletas e análises de dados e métricas de desempenho, analisando com base nesses resultados a condição operacional dos ativos.

Algumas das ferramentas mais inteligentes e vantajosas para a manutenção hoje derivam das práticas da manutenção preditiva, como é o caso dos softwares de monitoramento online. Com eles, o gestor fica a par de tudo o que acontece no equipamento, 24 horas por dia, e recebe diagnósticos e dados precisos que auxiliam na criação de um plano estratégico, com atividades corretivas e preventivas programadas de forma proposital e sábia, e não desnecessária e aleatória.

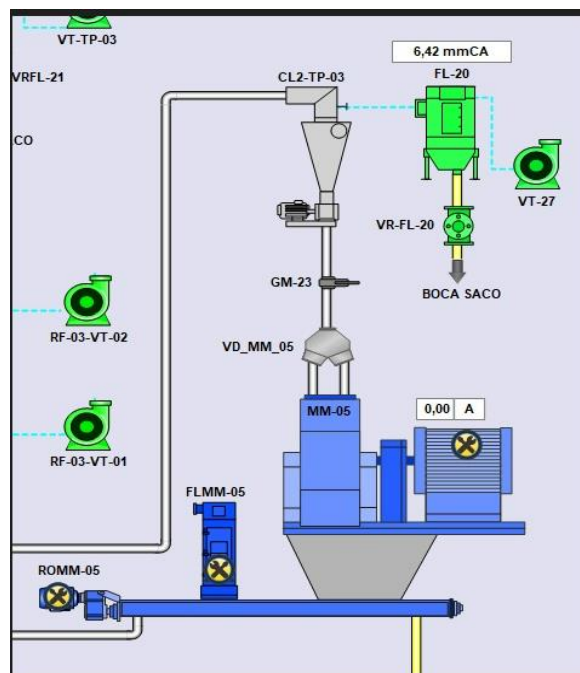
2.1.4 Manutenção Prescritiva

Graças à ascensão de tecnologias cada vez mais avançadas, surgiu na era da indústria 4.0 o conceito de manutenção prescritiva. Sua função é utilizar a inteligência artificial para desenvolver soluções para falhas potenciais identificáveis. Diferentemente da preventiva, a prescritiva não se prende a um cronograma voltado às falhas comuns.

Em comparação com a preditiva, ela vai além, visto que não apenas prevê com precisão o que vai acontecer como também sugere intervenções baseadas nas possibilidades calculadas por meio dos dados analisados. Isso te lembra alguma coisa? O sistema de monitoramento online se baseia em práticas de manutenção preditiva e prescritiva, sendo a última possível graças ao cruzamento de dados do histórico operacional e ao uso de inteligência artificial sobre as informações coletadas,

O moinho martelo é um equipamento desenvolvido para triturar diversos tipos de materiais e matérias primas, como milho, soja e outros. Sua principal função é reduzir a granulometria do material picado. O moinho martelo é geralmente construído em aço, o que confere resistência e durabilidade ao equipamento, possibilitando suportar o impacto dos martelos que batem no material a ser triturado. A Figura 2 representa o conjunto que compõe o moinho martelo.

Figura 2: Moinho Martelo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O motor principal é o equipamento fundamental que movimenta o moinho martelo e sobre o qual será feito as medições para monitoramento e tomada de decisão de manutenção.

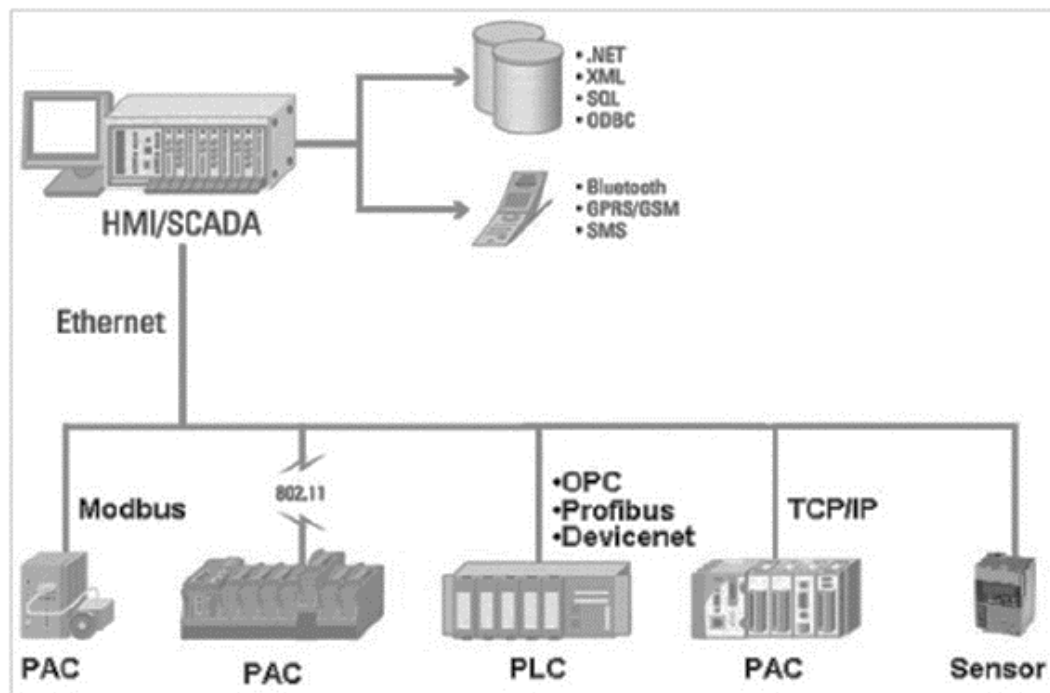
2.4 Sistemas Supervisórios

Para Rosário (2009) supervisor ou sistema de supervisão é um programa computacional que permite a comunicação entre o computador e a rede de automação, trazendo ferramentas para a construção de interfaces entre operador e o processo. Segundo Rosário (2009) a evolução da eletrônica e dos sistemas de comunicação direcionou a utilização em campo de um tipo de conexão similar a

utilizada pelas redes corporativas. Os próprios elementos de campo passaram a incorporar circuitos eletrônicos de maneira que toda informação enviada ou recebida obedeça ao mesmo protocolo de comunicação.

A Figura 3 ilustra um exemplo de arquitetura de um sistema supervisório demonstrando um diagrama de blocos desenvolvido pela National Instruments.

Figura 3: Diagrama de blocos mostra um típico sistema com arquitetura.



Fonte: www.profibus.org.br/news/fevereiro2012/tutorial.

2.5 Medição de Tensão e Corrente

A tensão elétrica, também conhecida como diferença de potencial, é a força que movimenta os elétrons ou carga elétrica através de um meio gerando a corrente elétrica. A diferença de energia potencial elétrica entre dois pontos gera uma diferença de “pressão” elétrica, o que movimenta as cargas elétricas de um ponto para outro. A unidade de medida da tensão é o Volt (V) e este representa a quantidade de energia potencial dividido pelo número de cargas entre dois pontos.

A corrente elétrica é o fluxo de elétrons portadores de carga elétrica dentro de um condutor. Sua unidade de medida é o ampere (A) e este representa a quantidade de elétrons que percorre o condutor em um intervalo de tempo.

2.6 Inversor de frequência

O inversor de frequência é um equipamento eletrônico utilizado para controle de velocidade de um motor trifásico. Através da variação da frequência da rede de alimentação do motor o inversor varia a velocidade de rotação dele. Este equipamento será utilizado para realizar a medição de tensão e corrente no motor principal, e transmitir via cabo de rede e protocolo de comunicação os dados em tempo real, para os sistemas supervisórios na sala de controle da indústria.

2.7 Redes de comunicação

Rede de comunicação é uma junção estruturada de equipamentos que permite a transmissão de informações entre terminais geograficamente distantes. Atualmente existe diversos tipos de redes de comunicação para as mais diversas formas de utilização dentro da sociedade. Na indústria, as redes de comunicação são utilizadas em conjunto com a automação de máquinas e processos para facilitar a transferência de dados, reduzir os protocolos de comunicação, aumentar a acessibilidade aos dados, realizar comunicação entre os equipamentos e dar subsídios para tomada de decisão autônoma ou não, na manutenção.

2.7.1 Protocolos de comunicação

Tecnicamente, é um conjunto de regras-padrão que caracterizam o formato, a sincronização, a sequência e, ainda, a detecção de erros e falhas na transmissão de informação entre computadores. Ou seja, é uma linguagem comum que deve existir entre o emissor e o receptor para que se possa efetivamente realizar a comunicação. O protocolo de comunicação aplicado é o Profibus. O Profibus é um protocolo de comunicação digital utilizado em sistemas de controle e automação, que permite a conexão com interoperabilidade de diversos equipamentos e fabricantes.

2.8 Instrumentação

2.8.1 Termografia

A termografia é uma técnica que permite realizar um mapa digital onde são distinguidas as diferentes temperaturas, este equipamento possui um termovisor, que

aponta luzes infravermelhas na superfície dos equipamentos. Um sistema de Termovisão conectado com sensores inteligentes, usando IoT, ajuda a desenvolver uma inteligência artificial necessária para monitorar o processo industrial (máquinas, equipamentos e ferramentas). A Figura 4 ilustra um exemplo.

Figura 4: Câmera termográfica



Fonte: Câmera termográfica PCE-TC 30N | PCE Instruments (pce-instruments.com).

A Tabela 1 representa as faixas de temperaturas ideal, máxima e ação a ser tomada para alguns tipos de equipamentos.

Tabela: 1 Temperatura de dispositivos elétricos.

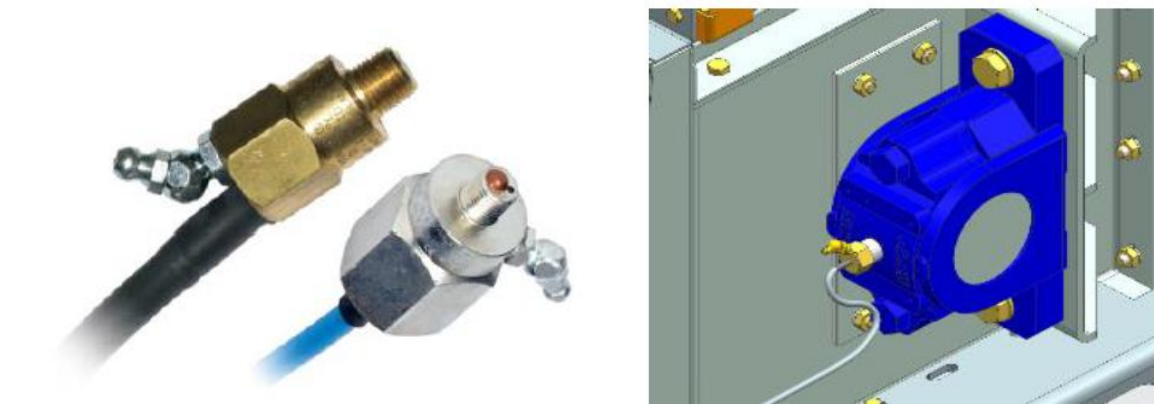
Componentes	Temperatura ideal	Temperatura máxima encontrada	Ação
Disjuntores	40°C a 65°C	79,2°C	Imediata
Contatores	"-25°C a 55°C	43,9°C	N/A
Capacitores	"-25°C a 55°C	76,3°C	Imediata
Barramentos	0°C a 90°C	44,2°C	N/A
Chaves de transferência	"-25°C a 55°C	75,0°C	Imediata
Retificadores	"-25°C a 90°C	145,1°C	Imediata
Fontes chaveadas	0°C a 45°C	44,2°C	N/A
CLP	0°C a 50°C	20,6°C	N/A
Inversor de frequência	0°C a 40°C	32,1°C	N/A
IHM	0°C a 50°C	22,7°C	N/A
Transformadores	0°C a 90°C	77,0°C	N/A
Placas eletrônicas	0°C a 45°C	23,7°C	N/A

Fonte: <https://docplayer.com.br/139917488-Applicacao-de-termografia-para-manutencao-preditiva-em-painéis-eletricos.html>.

2.8.2 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura é um equipamento de monitoramento cuja função é identificar variações de temperatura em equipamentos industriais. Existem diversos tipos de sensores de temperatura conforme a propriedade física que o constitui, dentre eles, podemos citar os termopares, detector de temperatura de resistência (RTD), termistores, interruptores bimetálicos e sensor de temperatura infravermelho. Existem sensores especialmente desenvolvidos para medir a temperatura de mancais de motores elétricos. Na Figura 5 ilustra um modelo de sensor de temperatura de mancal.

Figura 5: sensor de temperatura de mancal



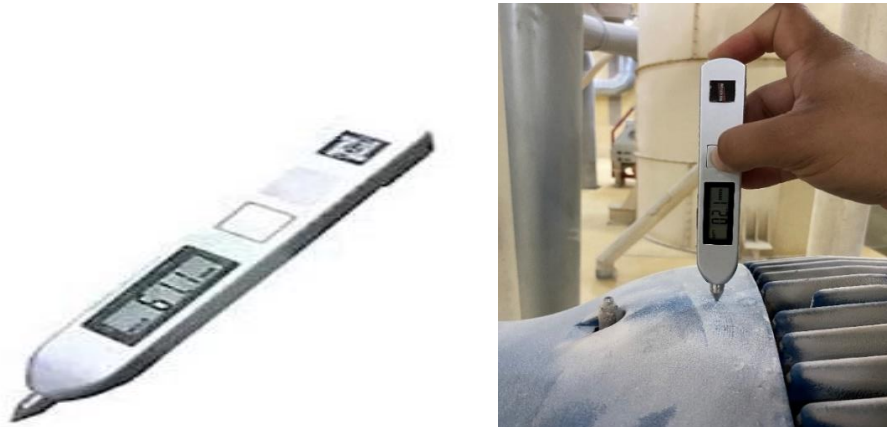
Fonte: catálogo Kepler Weber.

2.8.3 Análise de vibração.

Vibração é qualquer tipo de movimento que se repete de forma regular ou irregular dado um intervalo de tempo. Na indústria, a vibração é causadora de diversos problemas nas máquinas e na linha de produção como, degradação prematura do equipamento, desregulagem, aumento do consumo de energia, comprometimento da qualidade do produto, acidentes de trabalho, entre outros.

A Caneta de análise de vibração conforme ilustrado na Figura 6 capta está frequência através de sensores instalados em pontos estratégicos, os sensores transformam a energia mecânica de vibra sinais elétricos, vibração é a energia mecânica que o rolamento transmite para o eixo central, transmitindo para a base externa do motor.

Figura 6: Caneta análise de vibração.



Fonte: Medidor de vibração tipo caneta - 7120/7122/7126 - Beijing TIME High Technology Ltd.

Manualmente a caneta é colocada sobre o motor em funcionamento conforme ilustra a figura, com a ponta metálica encostada no ponto onde o rolamento está acoplado (carcaça), segure o botão que está acima do visor para que se inicie a leitura até que se estabilize a leitura.

Como referência para medição são necessários para uma análise de vibração os pontos fundamentais que estão relacionados a FREQUÊNCIA/PERÍODO, AMPLITUDE E FASE. As classes de vibração denominadas nas cores; i) verde para motor em repouso; ii) azul para operação em nível aceitável; iii) amarelo para estado de observação e iv) vermelho para estado crítico. A Tabela 2 abaixo representa a classificação do motor conforme a velocidade de vibração e classe de tensão.

Tabela 2: Limites de ruídos em máquinas.

Velocidade da Vibração – mm/s	Classe I (Até 15 KW)	Classe II (De 15 à 75 KW)
0,28	A	A
0,45		
0,71		
1,12	B	B
1,8		
2,8	C	C
4,5		
7,1	D	D
11,2		
18		
28		
45		

Fonte: http://manutencaodesistemasindustriais.blogspot.com/2016/05/manutencao-industrial-aula-13-analise_68.html.

3. METODOLOGIA

Para o sistema proposto é necessário o acompanhamento de parâmetros para o auxílio na manutenção prescritiva, sendo assim, algumas variáveis como: tensão, corrente, vibração e temperatura são registradas e acompanhadas durante todo o processo, desta forma, ao exceder um parâmetro de referência, a automação tem autonomia para diagnosticar, parar ou até mesmo compensar um desvio. A Figura 7 apresenta os pontos de medição e monitoramento.

Figura 7: sistema proposto



Fonte: elaborado pelo autor.

3.1 Parâmetros de corrente

O moinho martelo conforme os dados do fabricante apresentado na Tabela 3, possui a capacidade de 2.6 ton/h, e no processo em questão, está projetado para trabalhar em 2.2 ton/h. A variável monitorada para o processo de produção é a corrente em amperes do motor, de modo que 180A na média, em pleno funcionamento, o moinho está processando os 2.2 ton/h.

Tabela 3: Dados do moinho e do motor

DADOS					
Moinho Martelo		Motor			
Fabricante:	Coppi	Fabricante:	WEG	Tensão:	380v
Modelo:	TM-175	Carcaça:	280S/M	In:	215A
Capacidade:	2.6 Ton/h	Potência:	150 CV	Rot.:	1750 RPM

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode ser observado na Tabela 4, uma comparação entre milho processado (moído) em relação a corrente, nota-se que o motor em produção de 2.2ton/h, representa uma corrente de 180A, no qual está abaixo da corrente nominal do motor.

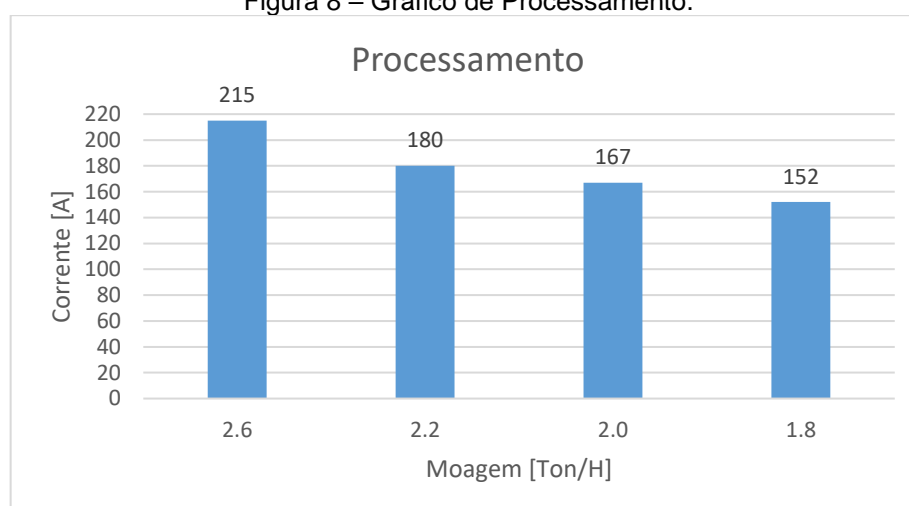
Tabela 4: Moagem de milho

Processamento		
Moagem [ton/h]	Dosagem [%]	Corrente [A]
2.2	80	180
2.0	70	167
1.8	55	152

Fonte: elaborado pelo autor.

A dosagem, é realizada pelo alimentado do moinho, e trabalha na margem de 80% respeitando e deixando margem para pequenas sobrecargas, e pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Gráfico de Processamento.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 Parâmetros de vibração

O sensor de vibração é implantado na parte traseira e dianteiras do motor, próximo a localização dos rolamentos, desta forma, pode-se observar os pontos de vibração conforme o seu funcionamento. Foram estabelecidos os parâmetros da Tabela 5, conforme especificação do manual do sensor, adotando a classe III, que são motores grandes e de base rígida.

Tabela 5: Vibração.

Grau de vibração	
velocidade (rms)	Classe III
0,28	Excelente
0,45	
0,71	
1,12	
1,8	
2,5	Bom
4,5	
7,1	Ruim
11,2	
18	Proibido
28	
45	

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3 Parâmetros de temperatura e tomada de ações

Os sensores de temperatura estão posicionados no junto a carcaça do motor, especificamente dentro da caixa de ligação, próximo ao estator e no mancal do moinho. A temperatura do motor está respeitando as recomendações do fabricante (WEG) que não pode exceder a temperatura de 180°C, assim como o mancal (SKF) não pode exceder a temperatura de 80°C.

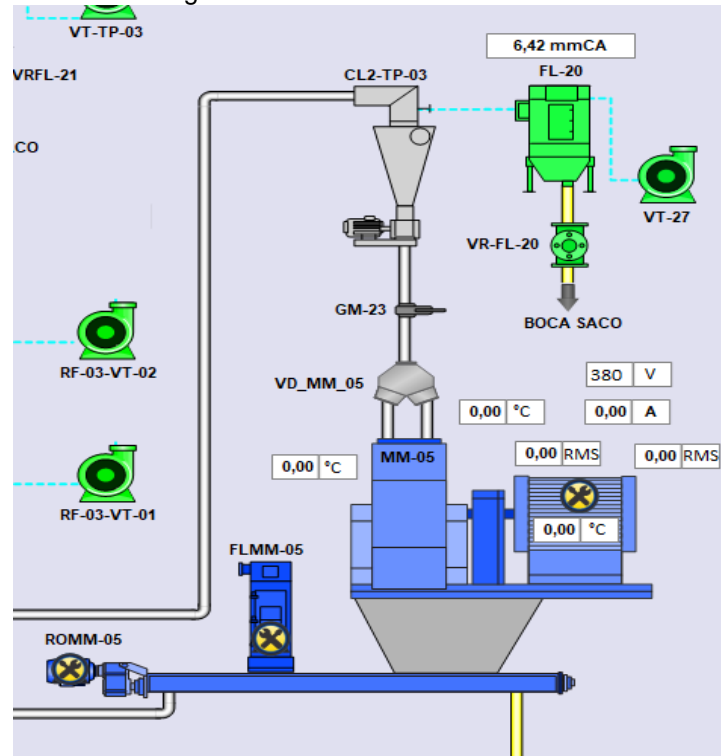
Definido os parâmetros a ser monitorados, conforme a Figura 9, o sistema de automação conforme ajustes dos parâmetros de referência, pode interagir com o usuário e realizar intervenções no moinho antes que o problema se agrave. Desta forma, pode ser observado no mapa de ações Tabela 6, as ações propostas para a máquina.

A Figura 9 é uma sugestão dos pontos de monitoramento, inseridos no supervisório, com isso, é visível em tempo real como cada grandeza vem se comportando. E com o decorrer do funcionamento, pode ser observado um padrão dos parâmetros, de modo a identificar facilmente um desvio.

A tomada de ação é com base nos parâmetros de referência, e podem ser ajustados conforme necessidade e observação da equipe de manutenção, e mesmo tendo ações de parada do equipamento de acordo com os parâmetros apresentados

acima, o sistema tem como objetivo indicar ao operador pequenos desvios mesmo que em condições normais.

Figura 11 – Monitoramento moinho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tensão de trabalho no motor por mais que seja um parâmetro simples, é um parâmetro de extrema importância para o conjunto, dado que está ligado diretamente na potência kw do motor, ou seja, tem influência direta na corrente de trabalho.

Tabela 6: Mapa de Ações

Mapa de Ações					
Grandeza	Referência	Status	Alerta	Ações Operação	Ações da Automação
Tensão	365 V	tensão baixa	tensão menor que 365V	verificar circuito elétrico	PARA - indicação de pontos a verificar
	380 V	normal			
	395 V	tensão elevada	tensão maior que 395V	verificar circuito elétrico	PARA - indicação de pontos a verificar
Corrente	160 A	corrente baixa	Realizar verificações	verificar dosagem e Peneiras	
	180 A	normal			
	200 A	corrente alta	Corrente maior que 200A	verificar dosagem produto	PARA - indicação de pontos a verificar
Vibração	0,28 a 1,8 (RMS)	normal			
	2,5 a 4,5 (RMS)	normal			
	7,1 a 11,2 (RMS)	ruim	Vibração maior que 7,1 RMS	verificar sensores e fixação da base	PARA - indicação de pontos a verificar
Temperatura Mancal	80°C	normal			
	100°C	Temp. elevada	Realizar verificações	verificar sensor e o mancal	
Temperatura Motor	180°C	normal			
	200°C	Temp. elevada	Realizar verificações	verificar sensor e o mancal	

Fonte: elaborado pelo autor.

Foram adotados os parâmetros de 365v para tensão baixa e 395v para tensão alta, respeitando a recomendação variação da concessionária que é de 4%. Deste modo, o sistema percebendo certas variações e proximidades aos extremos, tem a função de alertar o operador.

A corrente de trabalho é um parâmetro referência também para a produção, que representa o processamento em ton/h durante a moagem, porém, pode se observar, que mesmo em capacidade máxima, o motor não atinge a sua corrente nominal, desta forma, a proteção dele está assegurada no circuito de potência em seu painel elétrico. Já o sistema proposto, permite ajustar facilmente uma corrente de alerta ou até mesmo parada após uma determina corrente atingida, corrente no qual em condições de produção normal, não atingiria em regime permanente. Sendo assim, o sistema mantém uma segurança maior para equipamento evitando queima, e permitindo acompanhamento simplificado ao manutentor.

Os parâmetros de vibração estão classificados com base nas recomendações do fabricante, e medidas de 0,28 RMS a 4,5 RMS são consideradas normais, no entanto, variação dessa condição em curto espaço de tempo, pode alertar o manutentor a fazer inspeções, pois esses efeitos ocorrem já com pequenas anomalias mecânicas como exemplo o mal fixação da base, rolamento travado etc. Já com medidas superiores a 7,1 RMS o equipamento para de trabalhar imediatamente.

Os parâmetros de temperatura do mancal e do motor são facilmente extraídos e tem muito a dizer para a manutenção, facilitando na intervenção rápida e programada. Dificilmente essas peças param o equipamento, a não ser que seja um problema extremo, contudo, os parâmetros ajudam na decisão lubrificação ou troca, antes da quebra, que quando ocorre, gera paradas inesperadas no equipamento

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção prescritiva é um conceito que veio ganhando força com a implantação da indústria 4.0, e com a digitalização da indústria, a comunicação com as máquinas, internet das coisas e inteligência artificial, com o monitoramento de dados pode se obter maior assertividade nas tomadas de decisão, e para manutenção isso é um grande ganho, já que o objetivo da manutenção é disponibilidade de máquina e melhor gestão do ativo.

Para a indústria de milho, cuidar do moinho é essencial, dado que o equipamento é fundamental para vários processos e produtos na fábrica. O moinho em si tem o funcionamento simples, porém com pouco descuido, pode obter horas de parada e processos interrompidos.

O sistema proposto, permite o monitoramento de variáveis importantes no equipamento, de forma a orientar na operação, alertar desvios, ajudar na decisão de intervenção, orientar em tomada de ações em possíveis falhas detectadas e principalmente, no fornecimento de informações para a manutenção de modo a evitar paradas indesejadas.

REFERÊNCIAS

ENGEMAN. **Tipos de Manutenção.** 2023 Disponível em: <<https://blog.engeman.com.br/tipos-de-manutencao/>>.

WEG. **Motores Elétricos** – guia de especificações. 2015. disponível em: <<https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf>>.

FRANÇA, Fernando A. **INSTRUMENTAÇÃO E MEDIDAS: grandezas mecânicas.** São Paulo: [s.n.], 2007.

COPPI. **Moagem Homogênea.** 2022. Disponível em: <<https://www.coppi.ind.br/produto/21/moinho-de-martelo>>.

ROSÁRIO, João Mauricio; **Automação industrial:** São Paulo: Baraúna, 2009.

National Instruments. Tutorial desenvolvido: Diagrama de blocos mostra um típico sistema com arquitetura: Disponível em: <https://www.profibus.org.br/news/fevereiro2012/tutorial>>.

Capítulo II – Predição de falhas mecânicas em motores elétricos utilizando a análise dos sinais de vibração e redes neurais artificiais

Fabio Soares Sampaio ⁷

Renato Kazuo Miyamoto ⁸

Rodolfo Alexandre Hildebrandt ⁹

Daniel Almeida Colombo ¹⁰

Antonio Carlos Rodrigues ¹¹

RESUMO

Falhas mecânicas em motores elétricos exigem intervenções de manutenção e reparo, resultando em custos devido de inatividade para reparos. Para evitar essas consequências, a manutenção preditiva é crucial. O estudo de métodos preditivos, como a análise de sinais de vibração pode contribuir para prevenir falhas, aumentar a confiabilidade, reduzir gastos e prolongar a vida útil dos motores. Ao monitorar sinais de vibração durante a operação, é possível detectar defeitos, como desalinhamento, antecipadamente, evitando paralisações e interrupções indesejadas na produção. Esse trabalho apresenta um estudo realizado em um motor elétrico usando um sensor de vibração para coletar dados e identificar alterações nos padrões de vibração que afetam o funcionamento.

Palavras-chave: Vibração; Rede neural, Manutenção preditiva

ABSTRACT

Mechanical failures in electric motors require maintenance and repair interventions, resulting in costs due to downtime for repairs. To avoid these consequences, predictive maintenance is crucial. The study of predictive methods, such as the analysis of vibration signals, can help to prevent failures, increase reliability, reduce costs and extend the useful life of motors. By monitoring vibration signals during operation, it is possible to detect defects, such as misalignment, in advance, preventing unwanted stoppages and interruptions in production. This work presents a study carried out on an electric motor using a vibration sensor to collect data and identify changes in vibration patterns that affect the operation.

Key words: Vibration; Neural network; Predictive maintenance.

⁷ Aluno Engenharia Elétrica da UniSenai Londrina, fabiosoressampaio0@gmail.com

² Doutor em Engenharia Elétrica da UniSenai Londrina, renato.miyamoto@sistemafiep.org.br

³ Doutor em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br

⁴ Mestre em Engenharia Mecânica, daniel_colz@outlook.com

⁵ Especialista em Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, antonio.rodrigues1@sistemafiep.org.br

1. INTRODUÇÃO

Segundo Petruzella (2013), estima-se que 70% de toda a eletricidade consumida no setor industrial brasileiro seja utilizada para operar os motores elétricos. Os motores industriais exercem um papel fundamental nas operações de diversas indústrias, esses motores são amplamente utilizados para converter energia elétrica em energia mecânica, fornecendo potência e impulsionando máquinas e equipamentos industriais.

São responsáveis por sustentar uma ampla variedade de máquinas e processos essenciais para a produção industrial, como bombas, ventiladores, compressores, transportadores, máquinas-ferramentas, entre outros, eles são encontrados em setores como manufatura, automobilístico, petroquímico, siderúrgico, alimentício, entre outros. A análise de vibração é utilizada como uma ferramenta para detectar e diagnosticar problemas de funcionamento em máquinas elétricas (DUTRA, 2019).

Com isso o uso de algoritmos de inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquinas (AM) vem sendo aprimorados e otimizados, mostrando que possui um grande potencial para a criação de sistemas inteligentes de manutenção, que tenham a capacidade de induzir hipóteses de falha a partir da análise de dados coletados.

O objetivo deste trabalho consiste em utilizar um modelo de predição de falhas mecânicas por meio de IA, mais especificamente um rede neural artificial aplicada como ferramenta para a detecção e a previsão de falhas em motores elétricos, considerando diferentes condições de operação e ambientes de trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os motores de indução desempenham um papel fundamental na indústria moderna, sendo amplamente utilizados em uma variedade de aplicações devido às suas características de confiabilidade, eficiência e versatilidade. Esses motores funcionam com base no princípio de indução eletromagnética, onde correntes elétricas são induzidas no rotor sem a necessidade de contato físico (PETRUZELLA, 2013).

A porcentagem de utilização de motores de indução na indústria é significativamente alta, sendo uma das tecnologias de acionamento mais comuns em

diversas aplicações industriais. Esses motores são preferidos devido à sua simplicidade, confiabilidade e custo relativamente baixo. Embora não haja um número exato para a porcentagem de utilização, estima-se que a grande maioria das máquinas e equipamentos industriais seja impulsionada por motores de indução.

Eles são amplamente empregados em setores como manufatura, construção, energia, transporte e muito mais. No entanto, como qualquer sistema mecânico, os motores de indução estão sujeitos a uma variedade de falhas que podem impactar negativamente a produção e a eficiência da indústria (DUTRA, 2019).

2.1. FALHAS MECÂNICAS EM MOTORES DE INDUÇÃO

As falhas mecânicas em motores de indução podem ter uma série de impactos significativos. Essas falhas podem resultar em interrupções operacionais, aumento de custos de manutenção, perda de produtividade e, em casos extremos, danos mais severos que podem levar a paralisações prolongadas. Os principais impactos de falhas mecânicas em motores de indução são listados a seguir:

- **Interrupções na Produção:** Falhas mecânicas nos motores de indução podem levar a paralisações não planejadas na produção, causando atrasos na entrega de produtos ou serviços. Isso pode resultar em perda de receita e insatisfação dos clientes.
- **Custos de Manutenção:** A necessidade de reparos e manutenção não programados devido a falhas mecânicas pode aumentar significativamente os custos operacionais. Além disso, a compra de peças de reposição e o pagamento de técnicos de manutenção podem representar um ônus financeiro para a empresa.
- **Perda de Produtividade:** Quando um motor de indução falha, as máquinas e equipamentos conectados a ele ficam inoperantes. Isso resulta em uma diminuição da produtividade, uma vez que os trabalhadores não conseguem executar suas tarefas de forma eficiente.
- **Tempo de Inatividade Prolongado:** Em casos graves de falhas mecânicas, o tempo necessário para reparar ou substituir um motor de indução pode ser prolongado. Isso leva a um tempo de inatividade mais longo, o que pode afetar

significativamente a capacidade da empresa de atender a demanda do mercado.

- **Riscos de Segurança:** Dependendo da natureza da falha mecânica, podem surgir riscos de segurança para os trabalhadores e para o ambiente. Por exemplo, uma falha no sistema de resfriamento do motor pode levar ao superaquecimento, aumentando o risco de incêndio ou explosão.
- **Impacto Ambiental:** Em alguns casos, falhas mecânicas podem resultar em vazamentos de substâncias nocivas, como óleos lubrificantes ou fluidos refrigerantes, causando contaminação ambiental. Isso pode levar a multas, responsabilidade legal e danos à reputação da empresa.
- **Desgaste Prematuro de Equipamentos:** Falhas mecânicas frequentes ou não resolvidas podem levar ao desgaste prematuro de outros componentes e equipamentos conectados ao motor de indução. Isso pode criar um ciclo de manutenção constante e custos adicionais.
- **Incerteza na Programação:** A imprevisibilidade das falhas mecânicas dificulta a programação e o planejamento eficaz da manutenção. Isso pode resultar em equipes de manutenção sobrecarregadas, dificuldades na aquisição de peças de reposição e agendamento de serviços ineficiente.
- **Reputação da Empresa:** Falhas frequentes nos motores de indução podem afetar a reputação da empresa, pois clientes e parceiros podem perceber a empresa como pouco confiável ou incapaz de fornecer produtos e serviços consistentes.
- **Necessidade de Treinamento:** Em algumas situações, as equipes de manutenção podem precisar de treinamento adicional para lidar com as falhas mecânicas específicas do motor de indução, aumentando os requisitos de recursos e tempo.

Para mitigar esses impactos, é essencial implementar uma estratégia sólida de manutenção preventiva, monitoramento contínuo do estado dos motores, uso de tecnologias de diagnóstico avançadas e ações de melhoria no design e operação dos sistemas em que esses motores são empregados. A utilização de redes neurais artificiais pode auxiliar nesse processo.

2.2. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

A Redes Neurais Artificiais (RNAs) são modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano. Elas são projetadas para aprender e realizar tarefas complexas, especialmente em áreas como reconhecimento de padrões, processamento de linguagem natural, visão computacional e tomada de decisões.

Uma rede neural artificial é composta por um conjunto de unidades de processamento interconectadas, chamadas de neurônios artificiais ou nós. Esses neurônios são organizados em camadas, geralmente divididas em camada de entrada, camadas intermediárias (também conhecidas como camadas ocultas) e camada de saída. A informação flui através da rede, passando pelos neurônios e suas conexões, que são representadas por pesos.

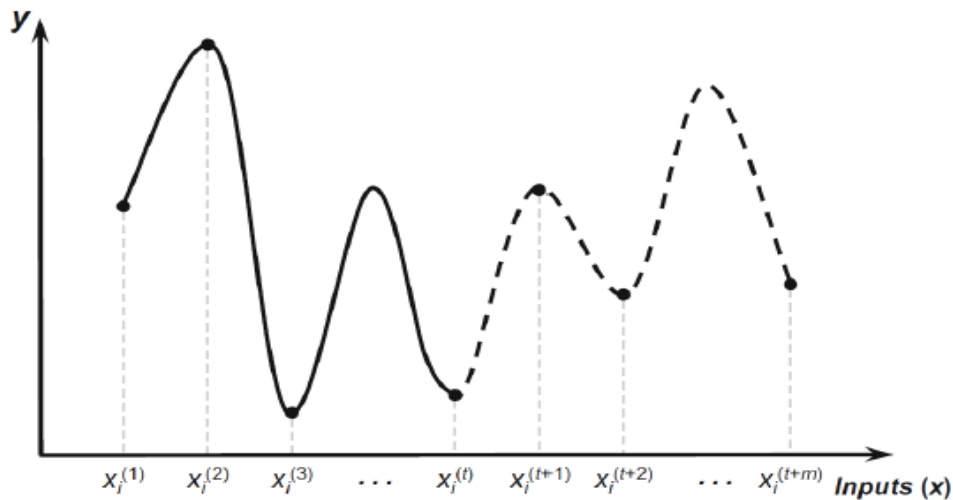
Durante a fase de treinamento, uma RNA ajusta os pesos das conexões com base em um conjunto de exemplos de entrada e saída esperada. Esse processo é conhecido como algoritmo de aprendizado. Um dos algoritmos de aprendizado mais populares para RNAs é o chamado retropropagação do erro (backpropagation), que calcula o gradiente do erro em relação aos pesos e ajusta-os de forma a minimizá-lo.

Após o treinamento, a rede neural pode ser usada para fazer previsões ou classificar novos dados com base no conhecimento adquirido durante o treinamento. A capacidade das RNAs de lidar com dados complexos e realizar tarefas de aprendizado tornou-as muito úteis em uma ampla variedade de aplicações, incluindo reconhecimento de imagens, reconhecimento de fala, sistemas de recomendação, análise de dados e muitos outros campos.

2.3. Rede Neural TDNN (Time Delay Neural Network)

A rede TDNN é um tipo específico de rede neural projetada para processar dados sequenciais ou temporais, como sinais de áudio, séries temporais ou sequências de texto. A arquitetura TDNN introduz atrasos temporais nos dados de entrada para capturar informações contextuais e relacionamentos sequenciais conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Rede TDNN



Fonte: SILVA; SPATI; FLAUZINO (2010)

Uma TDNN geralmente é composta por camadas convolucionais e camadas totalmente conectadas. As camadas convolucionais aplicam filtros ou operações de convolução aos dados de entrada, permitindo que a rede capture padrões ao longo do tempo. Os pesos dos filtros são compartilhados entre diferentes posições temporais, o que ajuda a reduzir a dimensionalidade dos dados e torna a rede mais eficiente.

Após as camadas convolucionais, a saída é passada para camadas totalmente conectadas, onde os neurônios estão conectados a todos os neurônios da camada anterior. Essas camadas processam as informações extraídas pelas camadas convolucionais e podem gerar as previsões ou classificações finais.

3 METODOLOGIA

3.1 SISTEMA PARA PREDIÇÃO DE FALHAS

Para realizar o trabalho e fazer a análise de vibração foi utilizado um motor trifásico da marca Weg modelo W22 Plus de 3 cv. Esse motor está sendo utilizado como ventilador em uma estufa de secagem em uma fábrica metalúrgica localizada na cidade de Londrina/PR. A Figura 2 traz os dados técnicos da placa do motor e a sua localização atual de trabalho.

Figura 2 – Motor para ventilação



Fonte: Do autor (2023)

Para realizar a coleta de dados das vibrações foi utilizado o sensor WEG Motor Scan que foi instalado na carcaça do motor seguindo as orientações do fabricante. Após a instalação os dados podem ser coletados via Bluetooth pelo aplicativo no smartphone, essas informações do motor são enviadas e armazenadas na nuvem e podem ser analisadas com mais profundidade no site WEG Motion Fleet Management. A Figura 3 mostra o modelo de sensor utilizado para a coleta de dados.

Figura 3 – Sensor de vibração Motor Scan

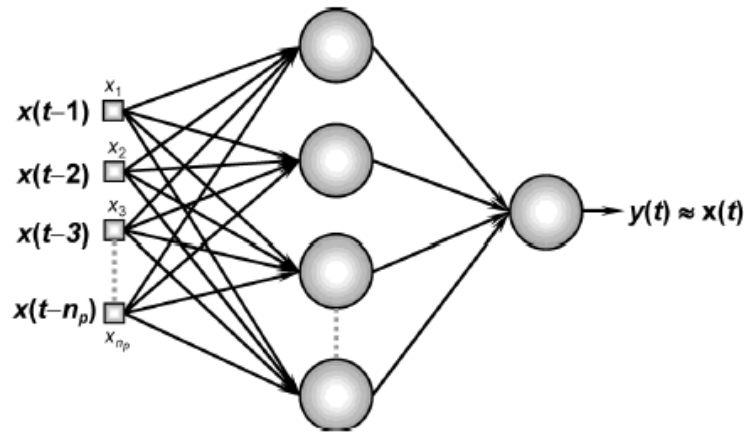


Fonte: Grupo WEG

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado um modelo de rede neural TDNN (Time delay neural network). Para seu treinamento e validação é aplicado um atraso nas entradas, e a previsão dos valores futuros referente ao processo é contado

em função das entradas anteriores, como mostrado na expressão: $x(t) = f(x(t-1), x(t-2), \dots, x(t-n_p))$ e ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Arquitetura PMC com entradas atrasadas no tempo.



Fonte: SILVA; SPATI; FLAUZINO (2010)

O desalinhamento de um motor elétrico se resulta em duas forças, axial e radial, e por consequência, em aumento de vibração nas direções axial e radial. Das 4.053 medições feitas pelo sensor, para realizar o treinamento foram utilizadas 200 amostras de vibração axial e transferidas para uma tabela no Excel, a Figura 5 mostra um dos dados de vibração feito pelo sensor.

Figura 5 – Medições realizadas



Fonte: Do autor (2023)

Para realizar a comparação dos limites de vibração, foi consultado o catálogo técnico do fabricante para saber os limites recomendados de vibração para os motores elétrico do modelo W22. Segundo o fabricante os motores W22 são balanceados dinamicamente com meia chaveta e, em sua configuração padrão, atendem aos níveis de vibração descritos na norma IEC 60034-14, com limites de velocidade de vibração RMS em mm/s, o motor que esta sendo utilizado para o estudo possui uma rotação nominal de 1.760 RPM como pode ser visto na placa de dados técnicos na Figura 2, e esta instalado em uma altura de 1 metro. Com essas informações de acordo com a Figura 6, o limite de vibração do motor é de 1,6 mm/s.

Figura 6 – Limites de velocidade e vibração

Rotação nominal (RPM)	Limites de vibração total de acordo com a altura do motor			
	Até 131mm	Acima de 131mm até 254mm	Acima de 254mm até 399mm	Acima de 399mm
$\geq 500 \leq 1500$	1 mm/s	1,6 mm/s	2,5 mm/s	2,5 mm/s
$> 1500 \leq 3000$	1,6 mm/s	2,5 mm/s	2,5 mm/s	2,5 mm/s

Tabela 8 - Níveis de velocidade de vibração

Fonte: Grupo Weg

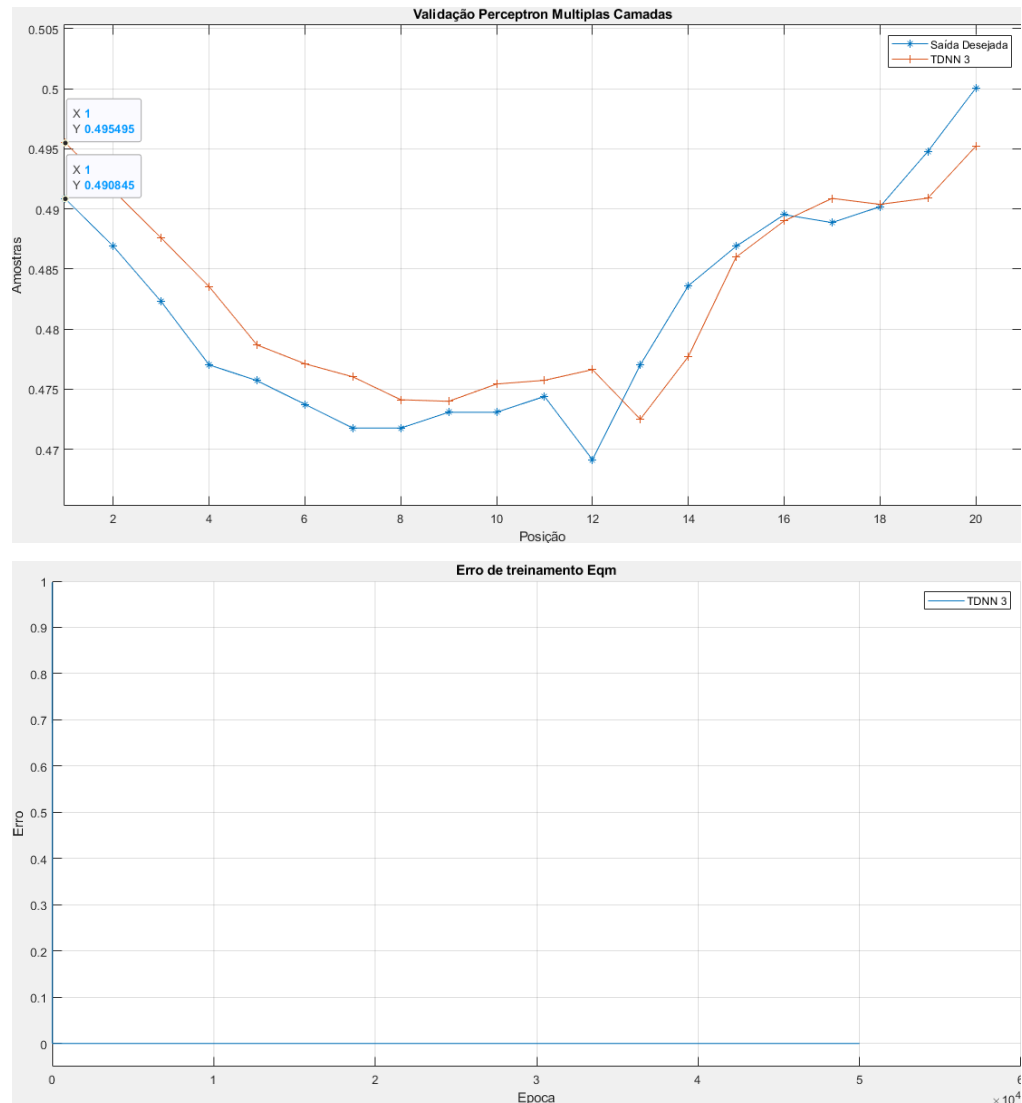
Com base nas amostras de dados coletadas e conhecendo os limites de vibração do motor, essas informações foram implantadas para realizar o treinamento usando uma rede neural TDNN. O primeiro passo para fazer o treinamento é a leitura dos dados de treinamento e validação a partir dos arquivos do Excel, fazer a normalização dos dados de treinamento e validação e fazer a definição de parâmetros iniciais, como taxa de aprendizagem (η), precisão (ϵ), número de treinamentos (tr) e valor de momentum.

Em seguida foi feita a execução de três treinamentos para a topologia TDNN 1, com inicialização de variáveis auxiliares para cada treinamento até a convergência do erro mínimo absoluto entre duas épocas consecutivas.

E realizado o armazenamento dos pesos finais ($wf1$ e $wf2$), número de épocas e erro quadrático médio (Eqm) de cada treinamento. Após a validação foi feita a plotagem do erro de treinamento (Eqm) em relação ao número de épocas para o

treinamento selecionado e a plotagem das saídas de validação desejadas e obtidas para o treinamento selecionado como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Treinamento TDNN

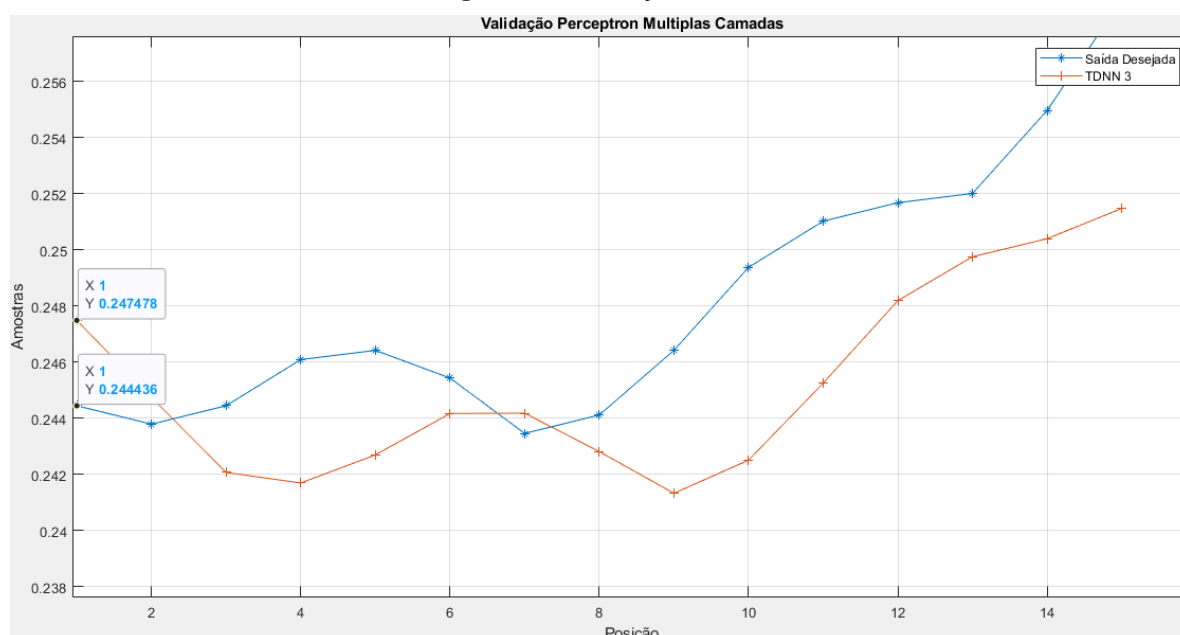


Fonte: Do autor (2023)

Esse treinamento utiliza a função de ativação sigmoide e o treinamento supervisionado backpropagation com momentum para atualização dos pesos. A topologia da rede utilizada é uma TDNN com uma camada escondida de 4 neurônios e uma camada de saída com 1 neurônio.

Em seguida foi realizada uma previsão com base nos dados de teste, carregando os dados de treinamento da rede TDNN e feito a plotagem da previsão de acordo com o treinamento ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Validação TDNN



Fonte: Do autor (2023)

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a aplicação de redes neurais TDNN (Time-Delay Neural Networks) nos processos de manufatura, percebe-se que essa ferramenta de monitoramento é eficaz na previsão de condições do funcional e indentificação de falhas. O estudo aplicado da análise de falhas mecânicas direcionados aos motores, pode-se antecipar possíveis problemas potenciais e interrupções significativas ou danos graves, que geram possíveis paradas em produções. Essa técnica apresenta uma combinação e poder de capturar padrões complexos em séries temporais com a capacidade de detectar sensíveis mudanças nos sinais de operação dos motores, permitindo assim, uma melhor análise dos dados obtidos e a identificação precoce de falhas mecânicas, possibilitando posteriormente tomadas de ações assertivas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de vibração em motores elétricos utilizando Redes Neurais Artificiais apresenta um potencial significativo na área de manutenção preditiva. Algumas

dessas vantagens é melhorar a confiabilidade do processo, reduzir custos necessários e agregar valor à organização.

Outras vantagens estão relacionadas à i) aquisição de dados: coletar dados relevantes do motor, como vibração, temperatura, corrente elétrica, pressão, entre outros. Esses dados são normalmente adquiridos de sensores instalados no motor ou em sistemas próximos a ele; ii) pré-processamento de dados: os dados brutos precisam ser pré-processados para remover ruídos, eliminar valores discrepantes e normalizar os dados, garantindo que a rede neural possa aprender com informações significativas; iii) alertas e manutenção preventiva: com base nas previsões da rede neural, os operadores podem receber alertas sobre possíveis falhas iminentes. Isso permite que medidas de manutenção preventiva sejam tomadas antes que a falha ocorra, reduzindo o tempo de inatividade não planejado.

O modelo proposto é aplicável em situações reais de um ambiente industrial e a utilização de Redes Neurais Artificiais na análise de vibração em motores elétricos é uma abordagem promissora para a manutenção. Pode-se concluir que o sucesso do sistema de predição depende da qualidade dos dados e das capacidades dos algoritmos utilizados.

REFERÊNCIAS

PETRUZELLA, Frank. **Motores Elétricos e Acionamentos: Série Tekne**. Bookman Editora, 2013.

DUTRA, Jhonata Teles. **Planejamento e Controle de Manutenção Descomplicado**. 1. ed. Brasília: Engeteles, 2019.

Grupo Weg. Disponível em: <<https://www.weg.net/wegmotorscan/pt>>

Grupo Weg. Disponível em: <<https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/hbf/h54/WEG-w22-motor-eletrico-trifasico-de-inducao-tecnico-mercado-africano-50058213-brochure-portuguese-web.pdf>>

SILVA, I. N; SPATTI, D. H; FLAUZINO, R. A. **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas**: curso prático. 1.ed. São Paulo: Artliber, 2010.

Capítulo III – A importância dos desenhos técnicos na indústria

Ezequiel Lopes de Deus ¹²

Wilson Bittencourt Silveira Neto ¹³

Alexandre Fava Netto ¹⁴

Rodolfo Alexandre Hildebrandt ¹⁵

Daniel Almeida Colombo ¹⁶

1- Quando é necessário incluir desenhos técnicos em projetos industriais?

O mercado industrial vem aumentando muito a cada dia, as indústrias acabam tendo a necessidade de revolucionar os seus projetos, pois a cada dia surge. novas dificuldades, para que seja exercido com excelência a demanda que a sociedade exerce sobre a indústria, sendo necessário inovar métodos já existentes ou desenvolver outras maneiras.

Sendo assim, surge o desenho técnico, para auxiliar na projeção de métodos que substituem as maneiras antigas de solucionar a demanda industrial. Tendo isso em mente é notório a importância de um projetista capacitado, para que possa desenvolver desenhos que facilite a mão de obra dos trabalhadores e dos demais profissionais responsáveis.

No entanto, com a grande demanda no mercado industrial e uma alta competitividade, a necessidade de melhorias em seus projetos é essencial para que você tenha espaço neste mercado, além do mais, isso agrega dentro e fora da indústria.

2- A partir desta necessidade, quando foi possível perceber a importância dos desenhos técnicos nas indústrias?

¹² Graduando em Engenharia Mecânica. Email: alexandre.netto00781611@sesisenaipr.org.br

¹³ Graduando em Engenharia Mecânica. Email: wilson.neto00783223@sesisenaipr.org.br

¹⁴ Graduando em Engenharia Mecânica. Email: alexandre.netto00781611@sesisenaipr.org.br

¹⁵ Doutor em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br

¹⁶ Mestre em Engenharia Mecânica, daniel_colz@outlook.com

A revolução industrial deu início a esta necessidade citada acima, neste sentido foi impulsionado a criação dos desenhos técnicos, uma vez que os avanços tecnológicos progrediram com as construções de máquinas e equipamentos. Sendo assim, os compradores e os fornecedores das indústrias têm a exigência de desenhos técnicos, pois a precisão dos produtos oferecidos deve ser exata e compatível com o material fornecido e vendido.

Portanto o desenho técnico é uma forma eficiente e segura de transmitir ideias e soluções para os projetos de engenharia.

3- É interessante notar que através dessa tendência a importância do desenho técnico só cresceu; assim sendo quais melhorias isso possibilitou nas indústrias?

Os projetos elaborados pelas empresas, afetam diretamente todos os funcionários, pois os desenhos técnicos possibilitam a facilidade de interpretação dos operadores de máquina e dos funcionários da área da montagem.

Conseqüentemente, com a praticidade da interpretação do operador perante os desenhos na hora da medição, os processos se tornam mais rápidos e precisos, visto que não terá dificuldade em compreender o desenho.

Outro fator a ser observado, tem a relação direta com a economia de materiais e o corte de custos, pois os desenhos técnicos ajudam no orçamento dos materiais a serem usados, uma vez que contém neles a informação exata das medidas e dimensões do produto.

4- Mas afinal, com relação ao processo elucidativo deste Open-tec, a “importância do desenho técnico”. O que é o desenho técnico?

O desenho técnico é a representação de forma virtual por meios de programas, como por exemplo: Solidworks e Autocad. Pode ser também, uma representação impressa.

Essa representação tem a finalidade de expor medidas, cortes, posicionamentos e entre outros parâmetros para representação dos componentes. Desta forma, visando uma representação fiel e uma padronização para a réplica dele.

5- Nesse contexto, como se define um projeto no Solidworks?

No planejamento industrial, deve-se conhecer os projetos que são elaborados, visto que, a maioria dos projetos indústrias tende a ser feito com base de desenhos técnicos, um projetista que utiliza o software solidworks, acaba facilitando muito seu trabalho.

O solidworks é prático, ele possui três modos de trabalhar, a primeira delas é a “Peça”, uma representação 3D de um único componente de projeto, a segunda é a montagem, que tem o objetivo de organizar os componentes, a última é o desenho técnico em 2D, de um componente.

6- Mais uma última pergunta, elucidativa para não nos alongarmos; e, que também interessa muito para as [áreas das engenharias e tecnologias, a sigla CAD qual o significado dela e quais as etapas do desenho?

A sigla CAD significa em inglês “Computer Aided Design”, que traduzida para português significa desenho assistido por computador que normalmente é dividida em 5 etapas:

- Esboço: A representação inicial da ideia, feita normalmente à mão livre, e de uma rápida ideia
- Desenho Preliminar: É uma representação inicial, feita com conjuntos de traços, e sujeito a alterações
- Desenho Extrudado ou Revolucionado: Essa é uma etapa, onde você escolhe a melhor opção para converter seu desenho preliminar em 3D, assim podendo progredir para a próxima etapa.
- Montagem: É onde você tem o objetivo de unir seus desenhos formando-o em um só, assim podendo elaborar e produzir projetos complexos e com uma grande praticidade.
- Desenho Definitivo: É o desenho finalizado, isto é, o projeto praticamente finalizado, sendo capaz de converter ele em 2D ou mantê-lo em 3D, visto que depende muito da área onde o desenho está sendo requisitado.

7- Conclusão

Com todos os tópicos apresentados, podemos perceber que o desenho técnico surgiu a partir de uma necessidade que a indústria teve em inovar os processos de produção. Sendo o desenho técnico essencial até os dias de hoje para obter sucesso nas mais variadas etapas de uma indústria. Essas inovações que o desenho técnico proporcionou e que melhoraram ainda mais com a utilizações de softwares, como por exemplo o solidworks, ainda são de suma importância.

Os benefícios do desenho técnico que vieram a priori, como a facilidade de interpretação do projeto pelos operadores de máquinas e dos funcionários da área de montagem. Também a rapidez e precisão nas etapas do processo, junto com a redução de custos devido a melhor utilização dos materiais, foram benefícios importantes que vieram a priori. Com tudo, a introdução de softwares no desenho técnico, trouxeram benefícios como o aumento da produtividade do projetista e a possibilidade de que a mesma lide com problemas mais complexos, além da redução da ocorrência de erros.

8- Referências

FONSECA, Matheus, Vicente. Desenho técnico: o que é? Dicas de como fazer!.

Uberaba, MecTRIA, 9, out. 2020.

NOVAIS, Eduardo. A história e evolução do desenho técnico mecânico.

Professor Novais, 30, jan. 2019.

Capítulo IV – As tendências da instrumentação na manutenção prescritiva

João Victor Mourão da Silva ¹⁷

Pablo Henrique Laverde ¹⁸

Rodolfo Alexandre Hildebrandt ¹⁹

Daniel Almeida Colombo ²⁰

1- Quando é necessário incluir a instrumentação na manutenção prescritiva?

As novas tecnologias vem sendo cada vez mais importante para garantia do processo industrial, tornando as indústrias mais competitivas e lucrativas no mercado, cada vez mais a instrumentação está presente, trazendo eficiência, economia, melhorias, entre outras inovações

Neste seguimento surge a necessidade de conhecimento destes instrumentos, para isso existe várias empresas representantes de grandes marcas, o que acaba tornando mais fácil o acesso aos instrumentos para compra, apresentação e treinamentos de uso, isso vem se tornando cada vez mais essencial para as atividades de aquisição desses tipos de instrumentos.

Entretanto, ainda podemos considerar essas novas tecnologias como inovação no mercado e alguns instrumentos estão em fase de lançamento, isso faz com que o investimento se torne alto, mas nestes casos não podemos considerar o valor do investimento e sim nas melhorias e economias que trarão para o processo.

Para a manutenção prescritiva os instrumentos são fundamentais e em alguns casos essenciais, pois, o seguimento de manutenção prescritiva é o monitoramento de vários parâmetros de máquina, no intuito de identificar o melhor momento para intervir no equipamento e definir manutenções, também se torna importante para analisar e tomar ação de interferir no processo, aumentando assim produtividade, velocidade e melhores mudanças de parâmetros de máquinas, fazendo com que as

¹⁷ Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, joao98victor.jv@gmail.com

¹³ Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, laverde_pablo@gmail.com

¹⁴ Doutor em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br

¹⁵ Mestre em Engenharia Mecânica, daniel_colz@outlook.com

máquinas permaneçam em operação até a próxima manutenção preventiva ou corretiva programada, evitando assim a parada inesperada do equipamento.

Esse tipo de manutenção vem sendo muito usado em conjunto com a IA (Inteligência Artificial) pela eficiência na análise de dados específicos, trazendo assim mais assertividade nas ações de manutenção que deverão ser tomadas, tornando também as manutenções mais dinâmicas e econômicas.

2- A partir desta necessidade, quando foi possível perceber a importância da instrumentação nas indústrias voltada para manutenção prescritiva?

Essa necessidade teve início em conjunto com a evolução da manutenção pois, com o início do conceito preventivo surgiu a necessidade de mensurar o tempo de vida média dos componentes e equipamentos, isso só foi possível com a invenção e utilização de instrumentos de medição.

Cada vez mais com as evoluções da manutenção foi sendo mais usado instrumentos que podem avaliar o processo, pois como já disse o pensador Peter Drucker “se você não pode medir, você não pode gerenciar”.

Desde então seguimos uma constante evolução de processos e atitudes industriais, graças as medições e avaliações que vem sendo proporcionadas em conjunto com a evolução da tecnologia auxiliando nos estudos avaliativos.

A escolha do instrumento, modelo é marca, também são vitais para a eficiência e conclusão de sua medição, isso pode influenciar diretamente no seu resultado final, claro que a unidade que será avaliada e medida deve ser pensada e utilizada com sabedoria.

Nos dias atuais com a evolução constante da inteligência artificial ela vem sendo cada vez mais usada na manutenção prescritiva, essa nova evolução da manutenção é capaz de prever qual o melhor momento de intervir nos equipamentos antes que a falha gere graves prejuízos a empresa, porém, a inteligência artificial precisa de dados, que são gerados por instrumentos de medição essenciais para a tomada de decisões.

3- É interessante notar que a instrumentação vem evoluindo muito, sendo assim quais melhorias isso possibilitou nas indústrias?

Nos dias atuais a indústria vem se tornando cada vez mais digital e on-line, isso possibilita a análise de dados e mudança de parâmetros em tempo real, com as novas tecnologias empregadas na indústria, os avanços tecnológicos possibilitaram a produção mais eficiente com menor custo e maior qualidade.

Os instrumentos são desenvolvidos de acordo com a necessidade das indústrias, atualmente temos uma gama de produtos capazes de efetuar análises e indicar ações em parametrização para melhoria dos processos industriais.

A evolução tecnológica possibilita que as indústrias se tornem mais competitivas no mercado, a atualidade da manutenção necessita de cada vez mais de evolução, com a manutenção prescritiva a tecnologia e instrumentação são os pilares base, pois somente através delas podemos avaliar e compreender o processo.

O conceito de manutenção prescritiva surgiu com uma combinação e necessidade da evolução de duas manutenções a preventiva e preditiva, pois como sabemos o conceito preventivo é troca de componente baseado em garantia do processo trocando o equipamento conforme indicado a vida útil pelo fabricante, já o conceito da preditiva é analisar o equipamento através de instrumentos para identificar variações em aquecimentos, vibrações e outras grandezas, para que ter um melhor aproveitamento do componente.

A melhoria que esse tipo de manutenção vem trazendo para indústria é notável, pois os ganhos e benefícios levam com que no futuro todas as empresas migrem para esse tipo de manutenção na indústria, vamos listar alguns desses benefícios.

- Redução mais próximo do zero com manutenção corretiva e corretiva emergencial;
- Melhor aproveitamento de componentes e peças;
- Aumento de produtividade;
- Aumento de confiabilidade e disponibilidade;
- Redução de desperdícios;
- Entre outras melhorias;

Somente avaliando estes benefícios conseguimos visualizar a importância da instrumentação e evolução da manutenção, garantindo competitividade no mercado e melhoria de processos industriais.

4- Mas afinal, com relação a estes instrumentos, qual a “importância dos instrumentos”. O fazem esses instrumentos e qual a média de valores?

Nossa pesquisa está estudando mais a fundo sobre três equipamentos que julgamos ser os mais eficazes para as análises industriais, sempre pensando em melhor custo-benefício e payback, para que o valor empregado se torne investimento.

Vários instrumentos foram lançados no mercado para verificação pontual, ou seja, colocados em um ponto específico dos equipamentos para análise de um ponto, nosso estudo está levando em consideração os equipamentos que são capazes de analisar vários instrumentos dispondo apenas de um valor inicial. Os instrumentos que levamos em consideração são a câmera de infravermelho. Este instrumento identifica em tempo real a temperatura dissipada pelo componente indicando possíveis defeitos e anomalias nas máquinas, painéis e componentes de máquinas. Tornando possível a análise de vários pontos da máquina com alta precisão e garantia das medições, tornando possível a intervenção no equipamento antes que ocorra a falha.

Outro equipamento que se encontra disponível no mercado são os analisadores de qualidade de energia. O analisador de energia é um equipamento vital para análise do equipamento, ele é capaz de realizar um estudo detalhado da qualidade de energia, onde os dados que são coletados em tempo real como o consumo e eficiência do equipamento. Este equipamento também nos chamou a atenção por ser móvel tornando possível a análise de vários equipamentos do meio fabril. Complementando os instrumentos que temos disponível para o acompanhamento temos o imageador acústico de precisão. Este equipamento exclusivo no mercado é capaz de identificar descarga parciais em estações de energia de grandes proporções, além de identificar vazamentos de gases em tempo

real e com a fábrica em plena produção, muito usado para eficiência energética de vazamentos de ar comprimido na indústria.

Pela sua dupla função optamos por esse equipamento para atender a indústria, pois além de muitas indústrias trabalharem com ar comprimido elas também possuem uma subestação de energia tornando possível a análise com segurança do equipamento.

Para a escolha da marca dos equipamentos, como sugestão pela marca Fluke, a empresa foi escolhida por ser uma empresa de renome e ativa a cerca de 75 anos no mercado, o conceito duradouro e independente que fazem parte das raízes da empresa.

5- Nesse contexto, como se define um projeto para aquisição destes instrumentos?

Para análise de payback se deve verificar o custo dos equipamentos e tempo retorno em efetividade e lucratividade e efetividade de produção da indústria.

Analisando os valores de investimento para a compra dos instrumentos abordados neste trabalho, considera-se que esse valor pode ser recuperado em algumas indústrias em cerca de quatro meses, sem levar em consideração o ganho em produtividade que a empresa receberá proporcionado pelos equipamentos.

O estudo de payback é avaliado pontualmente pois cada indústria possui a particularidade de produção e equipamentos, por tanto não é possível se executar uma análise de retorno comum.

6- Mais uma última pergunta, como se define rotinas de inspeções?

As rotinas serão avaliadas de acordo com a necessidade e quantidades de filiais de cada empresa, pois como os equipamentos são móveis isso proporciona a mobilidade e análise de todos os equipamentos fabris.

É indicado que as inspeções sejam feitas por criticidade dos equipamentos respeitando uma periodicidade quinzenal, pois assim podemos garantir que desperdício e análise dos equipamentos sejam feitos em um curto período.

Sempre deve se analisar em conjunto com o PCM o histórico de intervenções e seus períodos para que a análise seja feita com mais eficiência e eficácia, pois equipamentos com muitas intervenções devem ter análises mais apuradas.

7- Conclusão

Concluimos então que todos os equipamentos em conjunto tornam a indústria mais competitiva no mercado e garante que os resultados sejam positivos e eficientes para a indústria.

Optamos em analisar esses equipamentos devido a mobilidade, durabilidade e usabilidade dos produtos, pois na nossa percepção a melhor vantagem desses instrumentos é não necessitar de pagamentos mensais como vários outros disponíveis no mercado, analisando esses equipamentos após a aquisição e uso os valores que podem ser economizados começam a pagar os instrumentos chegando ao ponto de começar a gerar lucro para indústria.

O valor de investimento se torna pequeno se levarmos em consideração o que ele nos proporciona e a economia que podemos ter com falhas e defeitos que podem ser evitados, levando em consideração também a efetividade em qualidade e produtividade da indústria esse investimento pode ser uma solução viável para várias indústrias.

Como mencionado anteriormente um dos pontos positivos da marca escolhida é a durabilidade e independência industrial que ele proporciona, ou seja, não será mais necessário a contratação de empresas terceiras para laudar máquinas e equipamentos, isso poderá ser feito pelos próprios colaboradores da empresa.

8- Referências

Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-br/produto/teste-eletrico/analisadores-da-qualidade-de-energia/1773-1775-1777>.

Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-br/produto/cameras-termicas/ti480-pro>.

Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-br/produto/geracao-industrial-de-imagens/imageador-acustico-de-precisato-ii910>.

