

MANUTENÇÃO PREDITIVA: estratégia de produção e redução de custos***PREDICTIVE MAINTENANCE: production strategy and cost reduction***

Caique Aparecido Pires – caique-pires@hotmail.com

Roberto Hirochi Okada – roberto.okada@fatetq.edu.br

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) - Taquaritinga - São Paulo - Brasil

DOI: 10.31510/infa.v17i1.781**RESUMO**

A necessidade de garantir maior confiabilidade operacional dos equipamentos, redução de custos e maior disponibilidade para os processos produtivos, fizeram com que as indústrias buscassem estratégias de manutenção que minimizassem esses problemas. Devido a sua previsibilidade de falhas, a manutenção preditiva tornou-se uma das melhores alternativas, pois utilizando informações coletadas dos equipamentos, pode-se avaliar qual componente da máquina está com defeito, verificar a gravidade da falha, realizando a intervenção no momento certo, sendo possível planejar e programar todos os recursos necessários para execução da manutenção. Essa estratégia de manutenção consiste de técnicas de monitoramento que ocorrem periodicamente, os dados coletados são armazenados para obter histórico e comparar com as coletas mais recentes, analisando a evolução dos sintomas da máquina monitorada. O surgimento da Indústria 4.0 e suas tecnologias tornam a Manutenção preditiva mais eficiente, assertiva e econômica, sendo um dos pilares dessa nova Revolução Industrial.

Palavras-chave: Previsibilidade. Disponibilidade. Falhas. Custo. Produtividade.

ABSTRACT

The need to ensure greater operational reliability of the equipment, cost reduction and greater availability for the production processes, made the industries look for maintenance strategies that minimized these problems. Due to its predictability of failures, predictive maintenance has become one of the best alternatives, because using information collected from the equipment, it is possible to assess which component of the machine is defective, check the severity of the failure, performing the intervention at the right time, and it is possible to plan and program all the resources needed to perform maintenance. This maintenance strategy consists of monitoring techniques that occur periodically, the collected data are stored to obtain history and compare with the most recent collections, analyzing the evolution of the symptoms of the monitored machine. The emergence of Industry 4.0 and its technologies makes predictive maintenance more efficient, assertive and economical, being one of the pillars of this new Industrial Revolution.

Keywords: Predictability. Reliability. Failure. Costs. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

Pode-se entender que manutenção são medidas para garantir o bom funcionamento de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações de forma regular ou permanente, com objetivo de manter a conservação de componentes, adequação de máquinas, restauração e prevenção de falhas (PONTES,2015). A manutenção ficou conhecida durante a Revolução Industrial no século XVI. Com o passar do tempo a concorrência entre as empresas aumentaram, sendo assim a entrega dos produtos no prazo, redução de custos e eficiência do processo produtivo se tornaram prioridades, e devido a essas necessidades a manutenção evoluiu tornando-se uma estratégia de grande retorno financeiro.

O objetivo da manutenção em uma empresa é manter as máquinas em perfeitas condições operacionais, garantindo qualidade e disponibilidade ao processo produtivo, prevenindo e solucionando prováveis falhas nos equipamentos. A manutenção quando não programada pode causar grandes prejuízos as empresas como: diminuição ou interrupção da produção, atrasos nas entregas, insatisfação dos clientes e perda no mercado.

Dentre os diversos tipos de manutenções existem três que mais se destacam são elas:

Manutenção Corretiva – São reparos não programados, realizados quando o equipamento já falhou, resultando em aumento de custos de manutenção e tempo maior para realizar a intervenção.

Manutenção Preventiva - A intervenção é realizada em intervalos de tempo com base na quantidade de horas que o equipamento esteve em funcionamento, a desvantagem é a parada da máquina e substituição de componentes em boas condições, podendo ser utilizados a mais tempo do que o previsto.

Manutenção Preditiva – Realiza o monitoramento das condições dos equipamentos e seus componentes, realizando coletas de dados periodicamente através de instrumentos, sendo possível acompanhar a evolução de defeitos em peças importantes para o funcionamento da máquina e determinar o melhor período para substituição do componente.

Portanto a Manutenção Preditiva é a técnica que alcança melhores resultados, pois através dela consegue-se monitorar e acompanhar a evolução das falhas, pois elas se desenvolvem ao longo do tempo, fazendo com que o equipamento não cumpra as atividades operacionais previstas, conforme parâmetros de projeto (CYRINO, 2017).

2 MANUTENÇÃO PREDITIVA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTOS

Segundo Cyrino (2015), a partir dos anos 70 a Manutenção Preditiva surgiu como uma importante estratégia de manutenção, obtendo melhores resultados em relação à produtividade, lucro, qualidade do produto e efetivação global das indústrias. Essa modalidade de manutenção permite avaliar a vida útil de componentes do equipamento e as condições para que esse tempo de vida seja aproveitado da melhor forma.

Os principais objetivos da Manutenção Preditiva são: determinar a necessidade de manutenção em componentes com defeitos de um equipamento, suprimir desmontagens desnecessárias quando o equipamento é submetido a inspeções, garantir maior disponibilidade dos equipamentos, reduzir as intervenções corretivas não planejadas, impedir danos maiores ao componente identificado com defeito e demais peças da máquina, conduzir o equipamento a atingir maior aproveitamento de sua vida útil, ter maior confiabilidade no equipamento e auxiliar nas estratégias de prioridade de manutenção em uma parada do processo produtivo (CYRINO, 2017).

Para executar as técnicas de Manutenção Preditiva utilizam-se instrumentos para coletar e registrar vários modos de falha em máquinas, tais como: vibrações excessivas, temperaturas elevadas, ruídos, desgastes estruturais, contaminação do óleo, entre outros. A coleta de dados é realizada periodicamente por um técnico treinado e habilitado através de um plano de manutenção, determinado de acordo com a importância do equipamento para o processo produtivo, quantidade de equipamentos a serem monitorados e quantidades de pontos de medição.

Caso identifique alguma irregularidade na máquina, o técnico analisará as informações coletadas e realizará um diagnóstico indicando a gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico é realizado de forma antecipada para que seja possível a programação do reparo. As informações recolhidas são registradas em um software de Sistema ERP, possibilitando ao técnico de manutenção preditiva tê-las em mãos para as providências cabíveis. Essas informações chegam ao PCM com o objetivo de planejar os recursos necessários, para que a intervenção de manutenção seja executada no momento correto, levando em consideração a gravidade do defeito encontrado e o impacto causado na produção com equipamento inoperante.

2.1 Indústrias 4.0 dentro da Manutenção Preditiva

A Indústria 4.0 é um projeto estratégico de alta tecnologia onde utiliza-se conceitos de sistemas ciber-físicos, internet das coisas (IoT), computação em nuvem, dentre outros (Pittol, 2020). O conceito de manutenção preditiva está vinculado à indústria 4.0 devido ao uso de tecnologias e técnicas inovadoras utilizando softwares de alta tecnologia para diagnosticar falhas, sendo uma tendência mundial em todas as áreas de atuação.

Com a utilização de instrumentos, sensores e armazenamento na nuvem a manutenção preditiva possibilita o monitoramento das condições dos equipamentos on-line ou off-line, identificando mudanças na vibração, temperatura, pressão, consumo de óleo, e análise por partículas magnéticas. (PITTOL, 2020).

O impacto da indústria 4.0 na Manutenção Preditiva refere-se à utilização de tecnologias como a Big data Analyst onde é possível armazenar enorme quantidade de dados e informações digitais, além da alta velocidade com acessos disponíveis em vários locais. Outra tecnologia que trará muitos benefícios a manutenção preditiva é a Inteligência Artificial onde o software realizará de forma autônoma diagnósticos prévios e auxiliará o técnico em suas análises direcionando de forma mais rápida e assertiva a identificação de falhas nos equipamentos.

2.2 Principais técnicas de Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva consiste de várias técnicas de monitoramento de equipamentos, com poder de intervir quando é diagnosticado algum defeito. Entre os vários métodos destacam-se os seguintes: Análise das vibrações; Análise dos óleos; Termografia e Ensaio não destrutivos.

Análise das vibrações – Vibração é um movimento oscilatório de uma máquina, em resposta às forças dinâmicas que as excitam, em torno de uma posição de referência, induzindo desgastes e fadigas de seus componentes, resultando em quebras definitivas do equipamento. Os sinais de vibrações trazem informações relacionadas ao funcionamento e

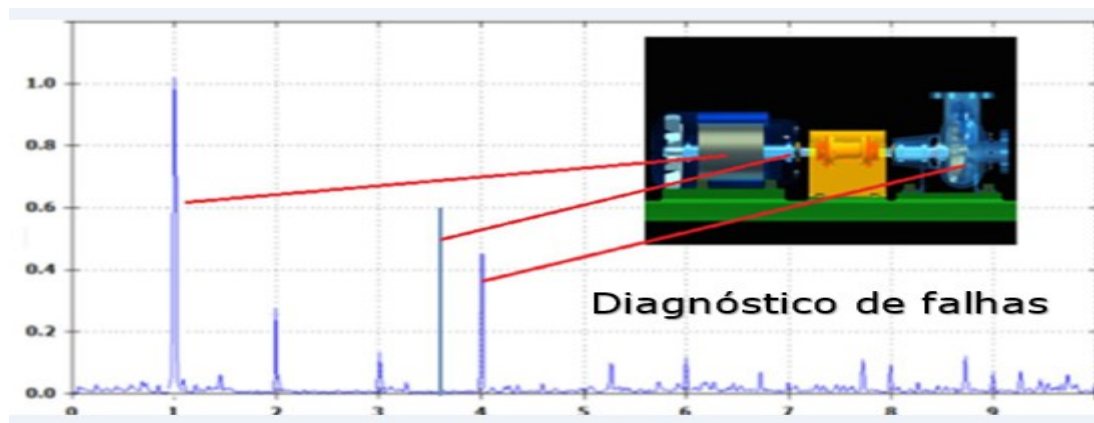
desempenho da máquina, orientando na decisão de execução de intervenção de manutenção (GUILHERME, 2016).

Os níveis de vibrações podem ser demonstrados de várias maneiras, porém as mais utilizadas para análises de defeitos são em espectro ou frequência em função do tempo, onde a amplitude de vibração é dada de acordo com a frequência em que a máquina é excitada dinamicamente, seja por ocorrência de defeito ou mudança na frequência natural de seus componentes.

Um sinal de frequência em função do tempo pode ser transformado em espectro de frequência, ou seja, domínio do tempo em domínio de frequência, resultando na FFT (Transformada rápida de Fourier), criada pelo matemático e físico francês Jean Baptiste Joseph Fourier, com a finalidade de facilitar a interpretação de processamentos de sinais digitais, portanto é possível analisar sintomas e tendências de falha de acordo com a característica do espectro (MARÇAL, 2013).

A captura de vibração é através de um instrumento chamado coletor de sinais de vibração, constituído por sensores magnéticos chamados acelerômetros que são colocados na máquina para obter informações sobre as condições dos seus componentes. As informações coletadas são transferidas para um software específico, onde será analisado se há alguma frequência determinística de defeito, verificando a evolução dos sintomas com base nos históricos das medições anteriores, caso ocorra evolução nos níveis de amplitude de um determinado componente, a frequência determinística será correlacionada a algum defeito, sendo recomendada a substituição do componente com defeito ou inspeção na máquina.

As principais anomalias responsáveis por causarem vibrações em máquinas são: desbalanceamento, desalinhamento, engrenagens defeituosas, rolamentos danificados, excitação hidrodinâmica, mau estado de correias de transmissão e erros em ajustes mecânicos.

Imagem 1 : Diagnóstico de falhas através de Análise de Vibrações

Fonte : Cyrino (2017)

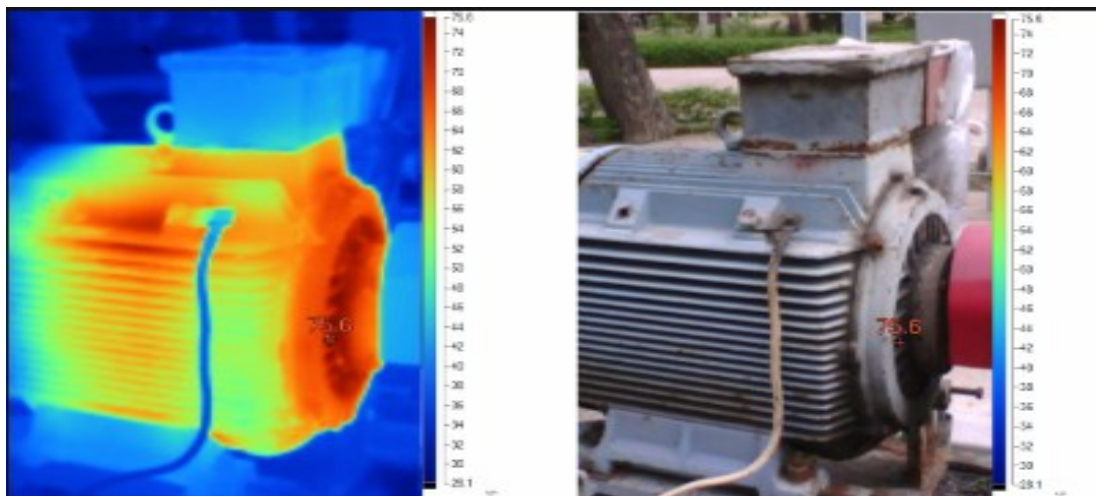
Termografia - É uma técnica que realizada para identificar defeitos elétricos e mecânicos, através da medição de temperatura com câmeras termográficas, observando os padrões de distribuição de calor a partir da radiação infravermelha. Pelo fato da luz infravermelha ser invisível a olho nu, os resultados são apresentados através de cores, em uma espécie de mapa de calor (ARAÚJO, 2014).

Os equipamentos eletrônicos e mecânicos possuem a temperatura correta de operação, quando determinado componente ou equipamento encontra-se numa temperatura maior ou menor do que a especificada pelo fabricante, podem ocorrer comportamentos inapropriados ou paradas totais, a cada grau de temperatura a mais do sugerido, ocorre a degradação dos componentes diminuindo a sua vida útil (ARAÚJO, 2014).

Utiliza-se a inspeção termográfica em sistemas elétricos como quadros de média tensão, motores elétricos, linhas de alta tensão, subestações, nobreaks, instalações elétricas, etc. Os possíveis defeitos de serem encontrados através da termografia são: conexões elétricas soltas, oxidação em componentes eletrônicos, sobrecargas, falha em rolamentos, falta de isolamento térmico e resistência elétrica elevada.

A inspeção termográfica também é utilizada em componentes mecânicos a fim de identificar os seguintes defeitos: aquecimento em acoplamentos, desalinhamento entre eixos, atrito em peças, lubrificação deficiente, etc.

Imagem 2 : Termografia em Motor elétrico



Fonte : VibMaster (2020)

Ensaio não destrutivo (END) – São técnicas utilizadas com a finalidade de identificar defeitos em estruturas ou peças, sem causar danos de forma permanente as propriedades físicas dos materiais e em alguns casos sem a necessidade de parada do equipamento (MOREIRA, 2014).

Segundo Moreira (2014) através desses ensaios consegue-se detectar trincas em solda, trincas em estrutura, trincas em engrenagens, eixos, monitorar espessuras de materiais e realizar inspeções internas nas máquinas. O END compõe varias técnicas, as principais são: Partículas Magnéticas, Líquido Penetrante, Ultrassom, Boroscopia, Radiografia, Gamagrafia, Correntes de Foucault e Emissão Acústica.

Entretanto, para se conseguir resultados satisfatórios, as inspeções devem ser realizadas por pessoas qualificadas, treinadas e certificadas, realizando procedimentos com base em normas e critérios estabelecidos por órgãos especializados na área (CYRINO, 2016).

Imagem 3 : Ensaio não destrutivo Partículas Magnéticas



Fonte: Inspeções HPJ (2018)

Análise de óleo – É uma técnica que monitora as condições do óleo e do equipamento, através de análises em laboratório com intuito de identificar falhas, contaminação e degradação do óleo. A lubrificação é responsável por acrescentar maior confiabilidade no equipamento quando realizada corretamente, portanto são necessárias medidas para prevenir e controlar os contaminantes presentes no óleo, esse monitoramento analisa as principais propriedades lubrificantes tais como: índice de viscosidade, índice de acidez, ponto de fulgor, índice de contaminação por água, quantidades de partículas e presença de metais (SPAMER, 2009).

Através desse estudo é possível tomar medidas como filtrar ou substituir o óleo em casos de contaminações severas. Nem sempre a contaminação é causada por fenômenos naturais, portanto quando o equipamento está com desgaste ou fadiga em alguns de seus componentes, geram-se partículas provenientes dos materiais utilizados em sua construção, essas partículas serão identificadas na análise de óleo, indicando que o equipamento está com defeito, devendo ser realizado a inspeção da máquina, a fim de prevenir uma quebra futura.

Imagem 4 : Análise de óleo com Contador de Partículas



Fonte: ALS (2018)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em estudos já realizados, sendo elaborado através de artigos e livros pesquisados em sites, com informações sobre a importância e benefícios que a Manutenção Preditiva obtém, ressaltando a sua importância para as indústrias. Esse estudo traz informações sobre as principais técnicas preditivas e os resultados que elas proporcionam as empresas quando é empregado esse método de manutenção.

A principal vantagem da pesquisa bibliográfica é fazer com que o investigador consiga informações de fenômenos de forma mais ampla do que uma pesquisa direta, levando aos leitores um estudo baseado em informações já existente, com intuito de demonstrar a importância e viabilidade do tema pesquisado (GIL, 2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As empresas que buscam melhores resultados em relação a lucro e produtividade têm essa estratégia de manutenção como apoio para realização de manutenções programadas, pois os custos e tempo de reparo são menores quando ocorrem falhas inesperadas, além de aumentar a disponibilidade e prolongar a vida útil das máquinas.

Com intuito de demonstrar essas vantagens a “Plant Performance Group” uma divisão da “ Technology for Energy Corporation” realizou um levantamento em 500 fábricas que adotaram a manutenção preditiva como método de gestão de manutenção, levando em consideração 3 anos de implementação do projeto (MORENGHI, 2005). Através desse estudo observou-se as seguintes melhorias: Redução dos custos de manutenção, redução de falhas em máquinas, redução de estoque de sobressalentes, redução de horas de manutenção, redução do tempo de parada de máquinas, aumento da vida útil das máquinas, aumento na produtividade e aumento nos lucros (MORENGHI, 2005). A imagem abaixo demonstra os tipos de benefícios representados em percentuais.

Imagem 4 – Benefícios da Manutenção Preditiva

| BENEFÍCIO | PERCENTUAL |
|---|-------------------|
| REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO | 50 A 80% |
| REDUÇÃO DE FALHAS NAS MÁQUINAS | 50 A 60% |
| REDUÇÃO DE ESTOQUE DE SOBRESSALENTES | 20 A 30% |
| REDUÇÃO DE HORAS EXTRAS PARA MANUTENÇÃO | 20 A 50% |
| REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADA DAS MÁQUINAS | 50 A 80% |
| AUMENTO NA VIDA DAS MÁQUINAS | 20 A 40% |
| AUMENTO DA PRODUTIVIDADE | 20 A 30% |
| AUMENTO DOS LUCROS | 25 A 60% |

Fonte : Morenghi (2005)

Redução dos custos de manutenção: O levantamento indicou que foram reduzidos mais de 50 % de custos de operação de manutenção, incluindo mão de obra, ferramentas, custo com materiais e equipamentos.

Redução de falhas nas máquinas: Através do monitoramento das condições das máquinas foi possível reduzir cerca de 55 % de falhas inesperadas, comparando com o período em que a manutenção preditiva ainda não estava implementada.

Redução do tempo de parada para reparo: Foi possível reduzir cerca de 60 % de tempo de reparo nas máquinas, pois com base nas informações e diagnósticos os recursos eram planejados com antecedência, fazendo com que a máquina voltasse a operação em menor tempo.

Redução no estoque de peças sobressalentes: As peças para reparo eram encomendadas de acordo com a necessidade, não sendo necessário ter todas as peças em estoque, portanto foi possível reduzir mais de 30 % de peças sobressalentes.

Aumento da vida útil das peças: Houve aumento de 40 % na vida útil das peças, pois com a identificação de defeito em seu estágio inicial foi possível acompanhar a sua evolução, substituindo o componente no momento correto aproveitando-o por mais tempo e evitando trocas desnecessárias.

Aumento da produtividade: Houve 30% de aumento na produtividade, pois as manutenções eram realizadas através de planejamento e programação, para que as paradas das máquinas para manutenção não prejudicassem a produção, aumentando a disponibilidade dos equipamentos para o processo produtivo.

Esses benefícios trouxeram grande aumento nos lucros globais das 500 fábricas que adotaram esse método de manutenção, comparando ao período em que a manutenção preditiva não estava implementada, mas para obter esse sucesso é necessário um bom planejamento, suporte da gerência, investimento em softwares, equipamentos e pessoas capacitadas para execução das coletas de dados e análises dos sintomas das máquinas.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento desse estudo possibilitou demonstrar as vantagens da Manutenção Preditiva em relação as Manutenções Corretiva e Preventiva, tornando-se a estratégia de manutenção que melhor auxilia nas tomadas de decisões da gerência em casos de necessidade de parada de equipamentos com defeitos.

Através do monitoramento das condições dos componentes das máquinas a Manutenção Preditiva nos proporciona previsibilidade de falhas, podendo evitar danos maiores a produção além de reduzir o custo de manutenção, tempo de reparo e auxiliar as equipes de manutenção na estratégia de prioridades e no planejamento das intervenções.

Para implantação desse método é necessária uma equipe de técnicos, softwares e instrumentos. As técnicas serão executadas com base nos planos de manutenção determinados periodicamente de acordo com a criticidade dos equipamentos, número de equipamentos e pontos de medição.

Com o surgimento da indústria 4.0 a manutenção preditiva se torna mais eficiente e econômica, pelo fato de ter o apoio ferramentas mais modernas, sendo a melhor estratégia para empresas que visam maior produtividade e faturamento.

REFERÊNCIAS

- ALS. **Contagem de partículas em óleo: entenda a importância.** 20 de Ago. de 2018 Disponível em : <<https://alsglobal.blog/contagem-de-particulas-em-oleo-entenda-a-importancia/>>. Acesso em 03 de Fev. de 2020.
- ARAÚJO, H. B. **Termografia Infravermelha.** Rio Verde, Goiás, 2014. Disponível em: <<http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Termografia%20Infravermelha.pdf>>. Acesso em: 03 de Nov. de 2019.
- CYRINO, L. **Manutenção Preditiva, conceito e aplicação.** 28 de Fev. de 2015. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/manutencao-preditiva/>>. Acesso em: 12 de Out. de 2019
- CYRINO, L. **Ensaio Não Destrutivo – END.** 27 de Out. de 2016. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/ensaios-nao-destrutivos-end/>>. Acesso em: 12 de Nov. de 2019.
- CYRINO, L. **Diagnóstico de falhas das vibrações.** 18 de Jul. de 2017. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/diagnostico-de-falhas-das-vibracoes/>>. Acesso em: 03 de Fev. de 2020.
- CYRINO, L. **Análise de óleo, um passo à frente das falhas.** 20 de Abr. de 2018. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/analise-de-oleo-um-passo-a-frente-da-falha/>>. Acesso em 19 de Set. de 2019.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª Edição; Atlas S.A, São Paulo, 2002. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/abdulcassimoarune/antonio-carlos-gil-2002>>. Acesso em: 12 de Out. de 2019.
- GUILHERME, J. **Análise de Vibração – Tipos de Sinais, Transformada de Fourier e PSD.** 18 de Abr. de 2016. Disponível em: <<http://ensus.com.br/analise-de-vibracao-tipos-de-sinais-transformada-de-fourier-e-psd/>>. Acesso em: 20 de Nov. de 2019.
- INSPEÇÕES HPJ. **Ensaio por Partículas Magnéticas.** 31 de Jan. de 2018. Disponível em : <<https://inspecoeshpj.com.br/ensaio-por-particulas-magneticas/>>. Acesso em: 03 de Fev. de 2020.
- MARÇAL, R.A; SANTOS, R. L. **Medição, análise e controle de vibração em máquinas industriais.** Ponta Grossa, Paraná, 2013. Disponível em:<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9716/1/PG_DAELE_2013_2_05.pdf>. Acesso 03 de Fev. de 2020.

MOREIRA, H. A. **Avaliação do desempenho de técnicas não destrutivas: Um estudo de caso na inspeção de componentes para molas.** Fortaleza, 2014. Disponível em: <<http://www.repositoriobib.ufc.br/000021/00002118.pdf>>. Acesso em: 12 de Out. de 2019.

MORENGHI, L. C. R. **Proposta de um sistema integrado de monitoramento para manutenção.** São Carlos, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-18022016-145504/publico/Dissert_Morenghi_LuizCR.pdf>. Acesso em: 12 de Out. de 2019.

PITTOL, R. **Manutenção Preditiva dentro da Indústria 4.0.** 18 de Fev. de 2020. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/manuten%25C3%25A7%25C3%25A3o-preditiva-dentro-da-ind%25C3%25BAstria-40-renato-pittol/?trackingId=Komj67wsZPj4EsojZXbJJQ%3D%3D>>. Acesso em: 03 de Fev. de 2020.

PONTES, A. **Introdução a Manutenção de Máquinas e Equipamentos.** 28 de Abr. de 2015. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/dissonpontes/introduo-a-manuteno-de-mquinas-e-equipamentos>>. Acesso em: 19 de Set. de 2019.

SPAMER, F. R. **Técnica Preditiva de Manutenção em Máquina Rotativas.** Rio de Janeiro, Ago. de 2009. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000900.pdf>>. Acesso em: 03 de Fev. de 2020.

VIBMASTER. **Termografia Industrial.** Campo Bom, Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/prestadores-de-servicos/vibmaster/produtos/instalacoes-e-equipamentos-industriais/termografia-industrial-preco>>. Acesso em : 03 de Fev de 2020.