



UNIVERSIDADE PITÁGORAS UNOPAR

GUSTAVO COSTI

O IMPACTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Londrina
2020

GUSTAVO COSTI

O IMPACTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Pitágoras Unopar, como requisito parcial para obtenção do título de graduado em Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc Henrique Sidney Rissá

Prof. Esp. Renê dos Santos De Carvalho Junior

Londrina, 04 de Dezembro de 2020

Costi, Gustavo. **O IMPACTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL**. 2020. 23 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – UNOPAR, Londrina, 2020.

RESUMO

A melhoria contínua da gestão da produção e seu impacto sobre o desempenho das empresas é algo bastante discutido e estudado, mas a disponibilidade de literatura científica é escassa quando o assunto é o impacto no desempenho devido à falta de integração entre a manutenção com a produção. A utilização dos conceitos, teorias e ferramentas da qualidade é um dos caminhos para o aumento da competitividade e é entendido que sua aplicação deve permear toda a organização, inclusive os setores destinados a manutenção de ativos, normalmente uma atividade interna de apoio à função manufatura. A utilização dos conceitos, teorias e ferramentas da qualidade e confiabilidade é um dos caminhos para o aumento da competitividade e é entendido que sua aplicação deve permear toda a organização, inclusive os setores destinados a manutenção de ativos, normalmente uma atividade interna de apoio à função manufatura. A manutenção combina de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Palavras-chave: Qualidade. Gestão da manutenção. Qualidade na Manutenção. Confiabilidade.

Costi, Gustavo. **The Impact of Preventive Maintenance on Industrial Production.** 2020. 23 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – UNOPAR, Londrina, 2020.

ABSTRACT

The continuous improvement of production management and its impact on the performance of companies is something widely discussed and studied, but the availability of scientific literature is scarce when it comes to the impact on performance due to the lack of integration between maintenance and production. The use of quality concepts, theories and tools is one of the ways to increase competitiveness and it is understood that its application must permeate the entire organization, including the sectors destined to the maintenance of assets, normally an internal activity to support the manufacturing function. The use of quality and reliability concepts, theories and tools is one of the ways to increase competitiveness and it is understood that its application must permeate the entire organization, including the sectors destined to the maintenance of assets, normally an internal activity to support the function manufacture. Maintenance combines all of the technical and administrative actions, including those of supervision, designed to maintain or return an item to a state in which it can perform a required function.

Keywords: Quality. Maintenance management. Quality in Maintenance. Reliability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. PROBLEMAS DA NÃO MANUTENÇÃO	15
3. TIPOS DE MANUTENÇÃO	17
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23

[Kroton1] Comentário:
Ajuste o sumário para uma melhor apresentação, conforme o modelo abaixo.

-----Quebra de página-----

Apresente o sumário na seguinte estrutura

SUMÁRIO	
INTRODUÇÃO	00
1. TÍTULO CAPÍTULO 1 (Maiúsculo e negrito)	00
1.1 TÍTULO NÍVEL 2 (Maiúsculo)	00
1.1.1 Título nível 3 (Primeira letra em maiúsculo sem negrito)	00
2 TÍTULO CAPÍTULO 2 (Maiúsculo e negrito)	00
2.1 TÍTULO NÍVEL 2 (Maiúsculo sem negrito)	00
2.1.1 Título Nível 3 (Primeira letra em maiúsculo sem negrito)	00
3 TÍTULO CAPÍTULO 3 (Maiúsculo e negrito)	00
3.1 TÍTULO NÍVEL 2 (Maiúsculo sem negrito)	00
3.1.1 Título Nível 3 (Primeira letra em maiúsculo sem negrito)	00
CONSIDERAÇÕES FINAIS	00
REFERÊNCIAS	00
APÊNDICES	00
APÊNDICE A – Nome do apêndice	00
ANEXOS	00
ANEXO A – Nome do anexo	00

Ajuste os títulos dos capítulos e das seções, tanto no sumário, quanto no trabalho, de acordo com o esquema:

2 TÍTULO DO CAPÍTULO [CAIXA ALTA em **negrito**]
2.1 SUBTÍTULOS [CAIXA ALTA sem **negrito**]
2.1.1. Outras partes [Apenas a primeira letra em CA]
2.1.1.1 Partes menores [igual à Terciária]

1. INTRODUÇÃO

Aos poucos, a velha prática da administração brasileira, de abandonar o que se está velho para não gastar com manutenção, vai ficando para trás. As grandes empresas acordam para a valorização patrimonial, e neste conceito aparece o fator vital, o gerenciamento profissional de atividades implícitas nesta valorização. O ritmo dinâmico das indústrias busca a total interação entre todos seus processos internos e este trabalho vai apresentar meios utilizados na manutenção industrial para evitar ou diminuir as perdas de produção devido à parada de equipamentos por falha ou mau funcionamento e aumentar a vida útil do mesmo aplicando as manutenções preventivas.

Como uma cadeia de vários segmentos, onde tudo deve caminhar na mesma velocidade da exigência do mercado consumidor por novos modelos e tecnologias, a manutenção é de extrema importância para o total funcionamento das indústrias, caso algum equipamento falhe, uma cadeia de processos é interrompida ocasionando perdas não planejadas.

Para suprir a alta demanda de produção é necessário que todos os equipamentos e máquinas estejam em total capacidade de executar os processos de fabricação e serem reparados usando o menor custo, para isso a gestão da manutenção busca a melhor forma de efetuar serviços e de que forma fazê-los pegando informações juntamente com os setores produtivos, otimizando as atividades.

O novo cenário de economia globalizada e o mercado competitivo exigiu uma nova postura da manutenção como fruto dos novos desafios, onde as mudanças surgiram em alta velocidade e a manutenção vem como uma das atividades fundamentais do processo produtivo, que necessitou ser um agente antecipativo para atuar preventivamente, as equipes precisam estar qualificadas e equipadas para evitarem falhas e, não somente corrigi-las.

O objetivo de demonstrar através deste trabalho que é possível aplicar a manutenção preventiva de forma planejada com a produção sem que haja perdas e mostrar os benefícios desta aplicação para a indústria em geral que aproveite melhor seus recursos e mantenham em plenitude de funcionamento. No capítulo 1 será apresentado os problemas que a falta de manutenção promove. No capítulo 2 será apresentado formas de prever uma possível quebra de equipamento. No capítulo 3

[Kroton2] Comentário:

A introdução deve ter de 5 a 6 parágrafos bem elaborados descrevendo de maneira geral seu tema. Não faça parágrafos com uma frase apenas, eles devem ter pelo menos 4 ou 5 linhas. Frases soltas também devem ser evitadas. Na Introdução você deve dizer com suas palavras o que pretende com o seu TCC, ou seja, é uma forma de apresentar ao leitor o que será abordado. Nela deve conter parágrafos apresentando a contextualização do tema, justificativa, problema de pesquisa, metodologia de maneira geral o que será abordado no trabalho e objetivos geral e específicos. Não apresente citações, figuras ou tabelas na Introdução. A linguagem do TCC deve estar toda no **"Passado"**.

Apresente a Introdução seguindo a seguinte estrutura:

1º e 2º Parágrafo – **Contextualização do Tema:** o tema do seu TCC não deve ser simplesmente "jogado" no texto. Ele deve ser apresentado em um contexto. Deve ser esclarecido para o leitor, que pode não conhecer o tema tão bem quanto você.

3º Parágrafo – **Justificativas:** porque investigar o tema, qual é a importância do seu assunto. Você precisa convencer o seu leitor de que o seu tema é mesmo importante

4º Parágrafo – **Problema de Pesquisa:** a base de todo o conteúdo do seu TCC. O problema é a pergunta de pesquisa que você vai responder.

5º Parágrafo – **Objetivo Geral e Específicos:** O objetivo geral representa a meta que a pesquisa pretende alcançar. De forma clara e objetiva você descreve o que irá abordar no trabalho. O objetivo específico é um "passo a passo" de como será feito o seu TCC, ou seja, você irá desmembrar o objetivo geral, mostrando como vai alcançá-lo através de sua pesquisa. O conteúdo do seu TCC 2/2, dependerá diretamente dos seus objetivos específicos, porque cada capítulo do seu trabalho, deverá corresponder ao desenvolvimento de cada objetiv...

serão apresentados métodos de manutenção para amenizar manutenções do tipo corretivas.

2. PROBLEMAS DA NÃO MANUTENÇÃO

Uma série de problemas relativos à sua durabilidade pode ser resolvida durante o projeto do equipamento. Um bom projeto, uma orientação adequada, o correto atendimento as normas e ao programa de uso, a qualidade dos materiais empregados e o apuro técnico adotado na sua construção são procedimentos importantes que vão determinar essa durabilidade.

Porém, independentemente dessas circunstâncias, procedimentos regulares e programados de manutenção são essenciais para a conservação e eficácia do equipamento, evitam o surgimento de problemas e as deteriorações inesperadas, permitindo previsão segura de gastos periódicos.

O mais importante do que a qualidade, a produtividade está a depender do desempenho do equipamento. O detrimento da produtividade em função das paradas de máquinas é inevitável diante da falta de planejamento e manutenção. Entretanto, essa produtividade pode ser ainda mais afetada quando é uma manutenção ineficaz causando o aumento dos tempos de produção pela redução do desempenho, mesmo não tendo uma pausa efetiva da máquina.

Essa condição leva a empresa a procurar de onde surgiu essa queda de produção em outros fatores, como ferramental, operadores e materiais, elevando os custos de operação. Pode-se dizer, que uma direção inadequada de manutenção aumenta custos associados à falta de produtividade, desde os atrasos na produção até perdas de contrato por não conseguir cumprir com o rendimento, todos mensuráveis, além de outras perdas não mensuráveis, como a degradação da imagem da empresa (Kardec & Nascif, 2001).

O mau desempenho dos equipamentos, que leva a redução da qualidade e da produção, pode ser impedida com políticas apropriadas de manutenção que certificam o rendimento esperado do equipamento. Sem essas políticas, além da redução da capacidade de produção, provoca paradas permanentes do equipamento, limitando a sua disponibilidade ao processo.

A disponibilidade dos equipamentos depende da manutenibilidade e da confiabilidade por eles apresentadas (Williams et al., 1994). Mesmo que os valores de confiabilidade e manutenibilidade serem, por definição, fatores particulares do equipamento e dependerem da construção de seu projeto (SAE International, 1992),

eles são afetados por outros motivos, como preparação dos manutentores, disponibilidade de peças, limpeza e situação geral do equipamento.

Segundo Mirshawa & Olmedo (1993), os custos causados pela manutenção são apenas a ponta de um iceberg. Essa ponta visível corresponde aos custos com ferramentas, mão-de-obra, instrumentos, material, custo com subcontratação e outros relacionados à instalação tomada pela equipe de manutenção. Abaixo dessa parte visível do iceberg, estão os custos maiores, ocultos, que são as consequências da indisponibilidade do equipamento.

3. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Existem diversos tipos de manutenção, no entanto as mais significativas são as de tipo Corretiva, Preventiva, Preditiva e Detectiva. No trabalho foi abordado a manutenção do tipo Autônoma, um conceito novo, porém já com uma relevante importância dentro das empresas nos últimos anos (KARDEC e NASCIF, 2010).

3.1 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA OU VOLUNTÁRIA

A Manutenção do tipo Autônoma é a atividade de manutenção mais simples (limpeza, lubrificação e pequenos reparos), que são realizadas pelo próprio operador da máquina, isto é, o operador apropria-se da responsabilidade sobre a máquina em que trabalha. Trata-se de uma peculiaridade fundamentalmente oposta à definição formal das funções, onde “a produção produz e a manutenção mantém”. Esta visão e comportamento não se implantam de imediato, exige-se tempo e uma gradual integração entre manutenção e produção.

A manutenção autônoma é a prática dos 5S, em que o senso de limpeza é utilizado para detectar falhas nos equipamentos, os operadores desenvolvem novas habilidades, tais como a inspeção, lubrificação e limpeza. A finalidade da manutenção autônoma, segundo XENOS, é evitar, no dia-a-dia da produção, a deterioração dos equipamentos, detectando e tratando as anomalias num estágio inicial, tais como identificação de ruídos, vibrações, sobreaquecimento, dentre outras, permitindo que eles próprios ou equipes de manutenção atuem antes que as falhas ocorram.

Ele diz também que há a necessidade de fixar em cada um dos operadores, a capacitação e a habilidade para condução destas funções adicionais, fundamentais para o gerenciamento do equipamento e é necessário o envolvimento de todos os colaboradores.

3.2 MANUTENÇÃO DETECTIVA

Este tipo de manutenção vem a ser mencionada na literatura a partir da década de 90 e é a última das tipologias de manutenção que revelam futuros problemas. Pode ser definida como sendo a atuação de sistemas de proteção que

procuram detectar falhas ocultas ou aquelas que um humano não é capaz de identificar, ou seja, ao pessoal de operação e manutenção. Geralmente a Manutenção Detectiva é associada com a Manutenção Preditiva, confundir os dois conceitos é muito comum embora na prática elas sejam bem diferentes.

Xavier diz que enquanto a Manutenção Preditiva é baseado na coleta periódica de dados como o nível de vibração do equipamento, temperatura, pressão, tensão e entre outros, a Detectiva se diferencia pelo monitoramento em tempo integral dos equipamentos procurando por anomalias não visíveis aos operadores, é a busca pela informação das causas primárias de falhas e quebras de componentes. Essas anomalias geralmente são detectadas por sistemas de proteção, que atualmente são assistidos por sistemas digitais de controle distribuídos – SDCD.

De acordo com Cardoso (2013), a manutenção detectiva é importante para garantir a confiabilidade das máquinas e deve ser executada e estudada por pessoal treinado. Em comparação com a manutenção preditiva, em que é necessário o diagnóstico a partir de parâmetros, na manutenção detectiva o diagnóstico é definido após o processamento das informações colhidas na planta.

3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Trata-se de uma mescla de atividades de supervisão das variáveis ou parâmetros que indicam a performance ou desempenho dos equipamentos de modo sistemático visando definir a necessidade ou não de intervenção. Preditiva vem da palavra “predizer”. Quando a intervenção (fruto do acompanhamento preditivo) é realizada, estará ocorrendo uma Manutenção Corretiva Planejada.

A prática da Manutenção Preditiva diminuirá significativamente o índice de manutenções corretivas e preventivas. A seguir têm-se os principais benefícios da Manutenção Preditiva. Acabar com as trocas de componentes e das intervenções preventivas desnecessárias, diminuição dos custos e prazos das intervenções através do conhecimento antecipado dos defeitos a serem corrigidos, aumento da segurança operacional e disponibilidade dos equipamentos, com redução dos riscos de acidentes e intermitências inesperadas de produção.

Carvalho Slack et al (2009) afirma que esse tipo de manutenção é conhecido como CONDITION BASED MAINTENANCE - CBM ou Manutenção Baseada na

Condição. Permite que os equipamentos operem por mais tempo e a intervenção ocorra com base em dados e não em suposições.

Algumas empresas adotam uma classificação cuja modalidade Preventiva engloba as Manutenção Baseada no Tempo e a Manutenção baseada na condição. Isso implica que a Preditiva seja um ramo da Preventiva. Optou-se no presente trabalho por mantê-la separada, tendo em vista as características diferentes das duas. Denomina-se Manutenção Preditiva o conjunto de procedimentos por medição de vibrações, o controle, efetuado com instrumentos de medição apropriados, mediante as condições de funcionamento de máquinas em operação (em serviço normal de produção), com a finalidade de prever falhas e detectar tais mudanças no estado físico que tornem necessária a programação dos serviços de manutenção, evitando quebras ou estragos maiores. Entre os objetivos da Manutenção Preditiva, destacam-se:

- Determinar antecipadamente quando será necessário realizar serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo da disponibilidade dos equipamentos.

3.4 MANUTENÇÃO CORRETIVA

“Manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha repentina, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida” (NBR 5462, 1994). Segundo Kardec e Nascif (2009), ao atuar em um equipamento que apresenta um defeito ou um desempenho diferente do que se espera estamos fazendo manutenção corretiva. Então este tipo de manutenção não é necessariamente de emergência. Existem duas condições específicas que levam a manutenção corretiva: o desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das informações operacionais e a ocorrência de falha.

Logo, a ação principal na manutenção corretiva é restaurar as condições de funcionamento do equipamento. Segundo Nascif (2003) citado por Otani e Machado (2008), a manutenção corretiva pode se dividir em duas fases:

- Manutenção Corretiva não planejada que é a correção de falha ou desempenho menor que o esperado após o acontecimento do fato. Este tipo de

manutenção resulta em altos custos, pois, causa perdas de produção e, em consequências, os danos aos equipamentos são maiores.

•Manutenção Corretiva planejada que é a correção que é feito em função de um acompanhamento preditivo, detectivo ou pela decisão gerencial de se operar até que ocorra a falha. Neste tipo de manutenção existe um planejamento que resulta em maior rapidez e menor custo das operações.

3.5 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

“Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item” (NBR 5462, 1994). “É a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou a quebra no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo” (PINTO; XAVIER, 1999 p. 35). Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção preventiva é inversa a manutenção corretiva, pois procura obstinadamente evitar a ocorrência de falhas, ou seja, procura prevenir.

Segundo Pinto e Xavier (1999) a Manutenção Preventiva visa evitar a falha do equipamento. Este tipo de manutenção é feita em equipamentos que não estejam em falha, ou seja, que estejam operando em perfeitas condições. Então podemos ter dois tipos de situações bem diferentes quando realizamos este tipo de manutenção: a primeira é quando os equipamentos são parados bem antes do necessário para fazer a manutenção; a segunda situação é a falha do equipamento, por termos estimado o período de reparo do mesmo de maneira incorreta.

Segundo Kardec e Nascif (2009) nem sempre os fabricantes fornecem dados para serem usados nos planos de manutenção preventiva, além das condições operacionais e ambientais influenciam na expectativa de degradação dos equipamentos, a definição de periodicidade e substituição deve ser colocada para cada instalação ou no máximo plantas similares operando em condições também similares. Alguns fatores devem ser levados em conta para uma política de manutenção preventiva:

- Quando não é possível a Manutenção Preditiva.
- Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tornam mandatórias a intervenção, normalmente para substituição de componentes.

- Por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional.
- Riscos de agressão ao meio ambiente.

Então, possíveis questionamentos sobre a política de manutenção preventiva sempre serão levantados em equipamentos onde alguns fatores não sejam tão claros ou fortes em prol dessa política.

4. APLICANDO OS CONCEITOS

O objetivo da Manutenção Autônoma é a redução de paradas de máquinas por motivos menores, basta imaginar o tempo que se perde para abertura de uma ordem de serviço (O.S.) para uma simples troca de mangote, o aperto de um parafuso ou ainda uma lubrificação pequena. A manutenção autônoma tem por objetivo aproveitar o tempo do pessoal especializado da manutenção em atividades que realmente demandem conhecimentos técnicos de mecânica, elétrica, eletrônica, automação e afins, ou seja, otimização do custo homem/hora da equipe de manutenção.

Precisamos apenas considerar que a manutenção detectiva deve ser implantada em sistemas onde o custo de implantação é comprovadamente viável e existe, ainda que muito remota, a possibilidade de falha nos próprios sistemas de detecção de falhas, de forma geral a manutenção detectiva reduz sensivelmente os níveis de paradas por manutenções não programadas (KARDEC e NASCIF, 2010)

Redução das quebras de equipamentos durante a operação, que provocam danos secundários em outros componentes. De uma forma geral, a aplicação de programas de Manutenção Preditiva em indústrias resulta em reduções da ordem de 2/3 nos prejuízos com paradas inesperadas de produção e 1/3 nos gastos com a manutenção (SILVA, 2012).

Segundo Kardec e Nascif (2009) por um lado a Manutenção Preventiva nos ajuda a ter um conhecimento prévio das ações, permitindo uma boa condição de planejamento das atividades e nivelamento de recursos, além de previsibilidade de uso de materiais e sobressalentes, por outro promove, via de regra, a retirada do equipamento ou sistema de operação para os trabalhos programados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o conhecimento básico sobre manutenção é importantíssimo para qualquer gestor fabril, pois para que a falha seja corrigida de maneira eficiente e rápida, se faz necessário um trabalho conjunto das áreas da empresa, tanto manutenção quanto os “donos” da máquina devem estar em sintonia. Todos os argumentos e citações apresentados têm por objetivo mostrar que a função manutenção deve ser encarada como estratégica dentro da organização, e que pode e deve ser usada na redução dos custos totais do processo de produção como investimento, e não como gasto adicional.

Esse trabalho buscou mostrar que através de ferramentas simples de controle pode-se melhorar os processos e conseqüentemente obter bons resultados. Vale ressaltar que esse resultado não é fruto apenas da intensificação da Manutenção Preventiva, mas também de maior organização do setor, da valorização da equipe, da utilização de procedimentos de controle eficazes, diálogo intensificado com o setor de produção, melhoria do processo e todos esses fatores fundamentados por uma gestão eficiente da manutenção e a comprovação de sua aplicabilidade na melhoria dos processos industriais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

CARDOSO, Adilson Henrique. Engenharia da Manutenção - Bloco1. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1VLteVqUY8M/>>. Acesso em: 05 de jul. 2020.

CARVALHO, André Moreira de; GOMES, Geraldo Messias; BORGES, Márcio de Castro. **Implantação de sistema informatizado para planejamento e controle de manutenção: História da Manutenção**. 2009. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Manutenção Industrial, Tecnologia Industrial, Universidade Vale do Rio Doce (univale), Governador Valadares, 2009. Cap. 2. Disponível em: <<http://www.pergamum.univale.br/pergamum/tcc/Implantacaodesistemainformatizadooparaplanejamentoecontroledamanutencaoempresavileflex.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

KARDEC, ALAN. & NASCIF, J.A. **Manutenção – função estratégica**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.

MIRSHAWKA, VICTOR & OLMEDO, NAPOLEÃO LUPES. **Manutenção – combate aos custos na não-eficácia – a vez do Brasil**. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., 1993.

OTANI, MARIO; MACHADO, WALTAIR. **A proposta de desenvolvimento de gestão de manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista gestão industrial. Paraná, v. 04, n 02, p 3-4, 2008.

PINTO, ALAN KARDEC; XAVIER, JULIO NASSIF. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. p. 287.

SAE INTERNATIONAL. **Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment**. EUA: Society of Automotive Engineers, 1992.

SILVA, MICHEL PHELIPE DA TRINDADE. **Aplicação de técnicas de manutenção preditiva para o aumento da confiabilidade de locomotivas diesel elétrica: Manutenção Preditiva**. 2012. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Transporte Ferroviário, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012. Cap. 3. Disponível em: <<http://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias/MON055.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

WILLIAMS, JOHN HYWEL et al. **Condition-based Maintenance and Machine Diagnostics**. Londres: Chapman & Hall, 1994.

XENOS, Harilaus Gerogius D'Philippos, **Gerenciando a manutenção produtiva**, Belo Horizonte, 1998.