

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA**

LUCAS ISSAMU NAKASONE PAULO

**CRIAÇÃO DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA REDUTORES
DE VELOCIDADE PARA UM SETOR DE UMA EMPRESA MOAGEIRA
DE SOJA DA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

LUCAS ISSAMU NAKASONE PAULO

**CRIAÇÃO DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA REDUTORES
DE VELOCIDADE PARA UM SETOR DE UMA EMPRESA MOAGEIRA
DE SOJA DA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho

PONTA GROSSA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

CRIAÇÃO DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA REDUTORES DE VELOCIDADE PARA UM SETOR DE UMA EMPRESA MOAGEIRA DE SOJA DA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS

por

LUCAS ISSAMU NAKASONE PAULO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28 de novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho
Orientador

Prof. Dr. Oscar Regis Junior
Membro Titular

Prof. Dr. Luiz Eduardo Melo Lima
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho
Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por ter me dado a oportunidade de vivenciar tudo que passei não somente durante minha graduação, mas também o que vivenciei fora da faculdade. Ao apoio que minha família sempre me deu, em especial minha mãe Rose Mary, que se sacrificou muitas vezes em prol de meu bem-estar.

A minha namorada Thinaly, que jamais deixou de me apoiar em todas as minhas decisões e sempre me incentivou a não desistir, custe o que custar. Agradeço a todos os meus amigos e colegas que sempre estiveram ao meu lado, em especial ao Luis Vitório que tanto me auxiliou na confecção deste trabalho.

E finalmente, agradeço à instituição UTFPR e todo o seu corpo docente, pelos conhecimentos que adquiri nessa longa jornada pela universidade.

RESUMO

PAULO, Lucas Issamu Nakasone. **Criação de um plano de contingência para redutores de velocidade para um setor de uma empresa moageira de soja da região dos Campos Gerais.** 2019. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

As técnicas de manutenção preventivas e preditivas são de extrema importância para um bom funcionamento de uma planta industrial, porém devido a condições operacionais adversas, sempre existe a possibilidade de ocorrerem falhas catastróficas. O presente trabalho trata da confecção de um plano de contingência voltado à manutenção corretiva, reduzindo o tempo em intervenção de redutores de velocidade de máquinas críticas. Com a catalogação sistemática dos equipamentos, uma comissão interdisciplinar com integrantes dos setores da produção, qualidade, manutenção e segurança, elencou-se o nível de criticidade dos equipamentos com base em segurança, processo e custos. Como resultado dessa catalogação, obteve-se uma planilha centralizada com dados importantes de redutores utilizados na planta. Utilizando-se este banco de dados é possível traçar uma estratégia para realizar a alocação de um redutor de um equipamento de menor criticidade para dar uma continuidade do funcionamento do equipamento de maior criticidade, reduzindo o tempo médio de reparo (MTTR).

Palavras-chave: Plano de contingência. Manutenção. Redutores de velocidade. Indicadores de manutenção. Matriz de criticidade.

ABSTRACT

PAULO, Lucas Issamu Nakasone. **Creation of a speed reducer contingency plan for a sector of a milling company in the Campos Gerais region.** 2019. 62 f. Work of Conclusion Course (Graduation in Mechanical Engineering) – Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Preventive and predictive maintenance techniques are extremely important for a proper functioning of an industrial plant, however due to adverse operating conditions there is always the possibility for a catastrophic failure to occur. The present work deals with the elaboration of a contingency plan aimed at corrective maintenance, in order to reduce the intervention time on speed reducers of critical machines. With the systematic cataloging of the equipment, an interdisciplinary committee with members from the production, quality, maintenance and safety sectors, the criticality levels were listed based on safety, process and costs. As a result of this cataloguing, a centralized spreadsheet with important data of the plant's speed reducers was created. Using the database, it was possible to map out a strategy to allocate a less critical gearbox in order to give continuity to the operation of a more critical equipment, thus reducing the mean time to repair (MTTR).

Keywords: Contingency plan. Maintenance. Speed Reducers. Maintenance Indicators. Criticality Matrix.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A evolução da função da manutenção de acordo com o tempo	14
Figura 2 - <i>Checklist</i> de inspeção de redutores de velocidade em transportadores de correia	18
Figura 3 - Coleta de dados de vibração em equipamento rotativo	19
Figura 4 - Modelo de espectro de vibração	20
Figura 5 - Verificação de temperatura com termômetro infravermelho	21
Figura 6 - Imagem térmica de equipamento rotativo	21
Figura 7 - Tipos de desgaste causados pelo atrito de dois materiais	22
Figura 8 - Coletor de óleo para análise	23
Figura 9 - Equipamento utilizado na aplicação de ultrassom manual	24
Figura 10: Imperfeições internas detectadas com o uso do ultrassom.....	24
Figura 11 - Exemplo de diagrama de Pareto.....	27
Figura 12 - Distribuição típica da curva ABC.....	28
Figura 13 - Transmissão por engrenagens com ganho de torque.....	34
Figura 14 - Transmissão por engrenagens com ganho de velocidade.....	35
Figura 15 - Principais componentes de um redutor de velocidades	36
Figura 16 - Trem de engrenagens simples.....	36
Figura 17 - Trem de engrenagens composto	37
Figura 18 - Exemplo da metodologia de tagueamento	38
Figura 19 - Redutor de equipamento crítico inutilizado	41
Figura 20 - Detalhe do desgaste do redutor	41
Figura 21 - Coletor de dados de vibração	42
Figura 22 - Acelerômetro piezelétrico CTC AC144-ID.....	42
Figura 23 - Pontos de coleta de dados de vibração em um redutor Helimax E23332P190000.....	43
Figura 24 - Plaqueta de identificação redutor WEG CESTARI.....	47
Figura 25 - Barracão antes da organização	47
Figura 26 - Barracão após organização	48
Figura 27 - Fluxograma em caso de falha catastrófica em redutores.....	49
Figura 28 - Planilha para armazenamento de dados.....	50
Figura 29 - Material utilizado para limpeza dos equipamentos.....	51
Figura 30 - Comparativo Antes/Depois da limpeza do equipamento TC-0301.....	52
Figura 31 - Comparativo Antes/Depois da limpeza do equipamento TA-0305.....	52
Gráfico 1 - Quantidade de anomalias detectadas por vibração no mês referência ...	44
Gráfico 2 - Nível de contaminação no óleo lubrificante no mês referência.....	44
Quadro 1 - Formulário FMEA	30

Quadro 2 - Matriz de criticidade para transportadores selecionados	31
Quadro 3 - Critérios utilizados para determinação de criticidade de equipamentos..	32
Quadro 4 - Siglas dos equipamentos do setor da britagem	39
Quadro 5 - Códigos dos setores da fábrica	40
Quadro 6 - Criticidade dos equipamentos do setor selecionado	46
Quadro 7 - Dados obtidos através do sistema SAP	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO GERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
2 DESENVOLVIMENTO	13
2.1 MANUTENÇÃO	13
2.1.1 História da Manutenção	13
2.1.1.1 Primeira geração	14
2.1.1.2 Segunda geração	14
2.1.1.3 Terceira geração	15
2.1.1.4 Quarta geração	15
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	15
2.2.1 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVAS	16
2.2.2 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO PREDITIVAS	17
2.3 INDICADORES RELACIONADOS À MANUTENÇÃO	25
2.4 DIAGRAMA DE PARETO	26
2.5 CURVA ABC	27
2.6 FMEA	28
2.7 MATRIZ DE CRITICIDADE	30
2.8 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA MECÂNICA	32
2.8.2 REDUTORES DE VELOCIDADES	35
2.9 IDENTIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS - TAGUEAMENTO	37
3 MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1 METODOLOGIA	39
3.2 TAGUEAMENTO DA EMPRESA MOAGEIRA	39
3.3 FALHA CATASTRÓFICA EM REDUTOR CRÍTICO	40
3.4 MÉTODO	45
4 RESULTADOS	49
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A - FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS EM CAMPO	59
APÊNDICE B - BANCO DE DADOS DE REDUTORES	61

1 INTRODUÇÃO

Para que uma empresa se mantenha competitiva perante ao atual cenário do setor industrial, necessita-se uma operação eficiente, visando-se baixos custos operacionais, foco em volume e em qualidade de produto, assim como uma alta disponibilidade de maquinário (KARDEC; NASCIF, 2009).

Para que se tenha uma operação eficiente, necessita-se que as organizações constituam equipes focadas na estratégia de gestão de modo a aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos ativos (ROSA, 2006). Para tal, deve-se existir uma parceria muito forte entre o setor de manutenção e produção.

Segundo Xavier (2015), as atividades realizadas pela manutenção são cada vez mais vistas como uma atividade estratégica de grande importância, sendo que a principal missão é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, de modo a atender a demanda produtiva, focando-se em disponibilidade, segurança, confiabilidade, custo adequado, preservação do meio ambiente, e motivação.

Por meio de técnicas preditivas resultantes da evolução da manutenção, pode-se obter um prognóstico dos ativos da fábrica e desta forma aumentar a confiabilidade dos equipamentos e reduzir o tempo de parada. Por meio do monitoramento do funcionamento dos equipamentos utilizando as técnicas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante, têm-se uma ideia dos níveis de desgastes em tempo real (KARDEC; NASCIF, 2009).

Porém apesar destas técnicas ajudarem na detecção de uma possível falha em potencial, existe uma grande limitação a sua implementação devido a seus custos elevados, usualmente limitando sua implementação apenas a equipamentos de elevada criticidade, nos quais a empresa esteja disposta a arcar com os devidos custos (SILVA, 2018).

Outro fator importante é o operacional, que devido às variações de processo, podem gerar desgastes inesperados nos equipamentos, gerando eventualmente falhas catastróficas inesperadas.

1.1 OBJETIVOS

Nesta sessão serão apresentados o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa do trabalho, sendo o último um caso ocorrido na empresa em que o trabalho foi desenvolvido.

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por finalidade propor uma solução a paradas industriais não planejadas de longa duração através da confecção de um plano de contingência para redutores de velocidades, de modo a reduzir o tempo médio para reparo (do inglês: *Mean Time To Repair*) de equipamentos críticos de uma empresa moageira de soja localizada na região dos Campos Gerais.

O plano de contingência tem como principal objetivo ter-se de antemão dados importantes de todos os redutores de equipamentos críticos, que em caso de falhas catastróficas, reduza-se o tempo da ação corretiva. Para uma retomada de produção eficaz, o presente trabalho apresenta como alternativa da manutenção corretiva não planejada, a substituição de peças e/ou componentes ou até mesmo troca de componentes inteiros, parando algum outro equipamento de menor criticidade caso necessário.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para a confecção deste plano de ação, devem ser tomadas as seguintes medidas:

- Catalogar os equipamentos que estão instalados campo.
- Realizar uma organização no almoxarifado mecânico.
- Catalogar os equipamentos do almoxarifado mecânico.
- Atualizar a matriz de criticidade dos equipamentos do setor estudado.
- Criar um banco de dados geral que contenha dados importantes dos redutores e seus níveis de criticidade.

1.1.3 Motivação e Justificativa

Apesar da aplicação de técnicas de manutenção preditiva (como análise de vibração e análise de óleo lubrificante), falhas catastróficas podem ocorrer por diversos motivos.

Devido à particularidade da planta, por se tratar de uma linha de produção contínua, existe um elevado número de equipamentos com alta criticidade, os quais muitas das vezes não possuem equipamentos em paralelo para direcionamento da linha produtiva, impossibilitando realizar uma manobra operacional que permita dar continuidade à produção.

A justificativa este trabalho envolve um evento ocorrido na fábrica em que o trabalho foi desenvolvido envolvendo a falha inesperada de um redutor de velocidade. Apesar de existir um acompanhamento do estado de desgaste do equipamento, o redutor apresentou falha catastrófica em um rolamento, causando danos significativos nos pinhões intermediários, gerando custos extremamente altos para sua manutenção.

2 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta os conceitos necessários para o entendimento das razões e consequências do trabalho de confecção de um plano de contingência para redutores de velocidade.

2.1 MANUTENÇÃO

Qualquer equipamento ou sistema mecânico de uma indústria está sujeito ao processo de deterioração, o qual gera defeitos que inevitavelmente afetarão a sua eficiência, podendo até cessar seu funcionamento.

A manutenção entra para corrigir estes problemas causados pelo desgaste do equipamento e, preferencialmente, mitiga as causas dessa deterioração quando possível.

Segundo Kardec e Nascif (2009), o conceito atual da missão da manutenção é o de garantir a disponibilidade e confiabilidade de equipamentos, atendendo os processos de produção ou serviços, de modo seguro, com custos adequados e baixos impactos ambientais.

2.1.1 História da Manutenção

Com o passar do tempo e evolução da tecnologia, o papel da manutenção mudou drasticamente. No princípio, a manutenção nada mais era que parte inevitável do processo produtivo. Atualmente ela é parte estratégica para que uma empresa alcance seus objetivos (KOBACZY, 2008). Com o passar do tempo, a manutenção deixou de ser vista com maus olhos e se tornou uma parceira do sucesso.

Pode-se a evolução da manutenção em quatro gerações, conforme ilustrado na Figura 1.



Fonte: Adaptada de Kobbacy (2008)

2.1.1.1 Primeira geração

Período precedente à segunda guerra mundial, num cenário em que a indústria era pouco mecanizada, com equipamentos simples e superdimensionados.

A manutenção consistia de serviços de limpeza, lubrificação e reparo apenas após quebras (KARDEC; NASCIF, 2009). Tinha-se a visão de que equipamentos inevitavelmente quebrariam com o tempo e a manutenção nada passava que um mal necessário, que não tinha foco em otimização ou redução no número de falhas (KOBACZY, 2008).

2.1.1.2 Segunda geração

Período entre as décadas de 50 e 70. Como consequência da guerra, houve uma limitação do contingente de mão de obra industrial, o que causou o aumento da mecanização e da complexidade do setor fabril. Gerou-se a necessidade de uma planta com maior disponibilidade e confiabilidade em prol do aumento da produtividade (KARDEC; NASCIF, 2009).

O conceito de manutenção alterou-se, visto que se tratava de um assunto técnico, que tinha como interesse otimizar as soluções assim como envolver a organização como um todo nos trabalhos de manutenção (KOBACZY, 2008). Neste período consolidou-se o conceito de manutenção preventiva, com intervenções nos equipamentos realizados em intervalos fixos.

2.1.1.3 Terceira geração

A partir da década de 70 até o final da década de 90, período que houve a consolidação da produção *just in time* (na hora certa), onde estoques reduzidos para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica.

Devido à elevação da automação e mecanização do processo produtivo, a confiabilidade e disponibilidade tornaram-se pontos-chaves. Para garantir a qualidade no produto ou processo produtivo, reforçou-se o conceito de manutenção preditiva, houve a automatização da fábrica devido ao avanço da informática e cada vez mais aplicou-se o conceito de confiabilidade pela engenharia. (KARDEC; NASCIF, 2009)

A manutenção ganhou autonomia e se tornou um setor importante, com necessidade de conhecimento técnico e de gestão, juntamente com a necessidade de flexibilidade para se adaptar às demandas de produção, sendo um contribuinte para os lucros da empresa.

2.1.1.4 Quarta geração

Buscando-se o aumento da disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade, consolidaram-se práticas preditivas com o objetivo de reduzir as intervenções na planta. Por meio do monitoramento e das análises de falha, têm-se uma metodologia para melhorar o desempenho dos equipamentos e, por consequência, da planta (KARDEC; NASCIF, 2009). Criou-se a necessidade de que os setores se tornassem parceiros em prol do lucro da companhia (KOBACZY, 2008).

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

De acordo com Kardec e Nascif (2009), existem seis tipos básicos de manutenção:

Corretiva não planejada: trata-se da manutenção improvisada cujo objetivo é de restaurar o equipamento a um padrão aceitável. Funciona para reparos e consertos inesperados e de emergência. Ações são tomadas após a ocorrência da falha, sem planejamento prévio (HOOSE *et al.*, 2017).

Corretiva planejada: ações são tomadas com planejamento prévio, com falhas detectadas por inspeções ou técnicas preditivas.

Preventiva: é trabalho de manutenção que atua de forma a prevenir que ocorram falhas no equipamento (HOOSE ET AL., 2017). Trata-se de um conjunto de ações planejadas com intervalos de tempo fixos.

Preditiva: consiste no conjunto de inspeções e acompanhamento da evolução dos níveis de desgastes dos componentes (HOOSE ET AL., 2017), de modo que possibilite a utilização de componentes até o máximo viável de sua vida útil.

Detectiva: é a manutenção efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, que busca a detecção de falhas ocultas, não perceptíveis ao pessoal de manutenção e operação (KARDEC; NASCIF, 2009).

Engenharia de manutenção: é considerado o suporte técnico da manutenção, dedicado à consolidação da rotina e implementação de melhorias. Para tal, a engenharia de manutenção deve buscar *benchmarks*, realizar o acompanhamento preditivo, de modo a se aproveitar ao máximo a vida útil dos componentes utilizados (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.2.1 Técnicas de Manutenção Preventivas

Segundo a Norma Brasileira NBR 5462 o conceito de manutenção preventiva é “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”.

De acordo com Lima (2017), a manutenção preventiva deve ocorrer quando um dos seguintes gatilhos forem disparados:

- Tempo (realizar manutenção a cada x meses).
- Horas de funcionamento (realizar manutenção a cada x horas de equipamento trabalhando).
- Produtividade (realizar manutenção a cada x peças produzidas).
- Gatilho misto (realizar manutenção quando um dos gatilhos anteriores for acionado).

De acordo com Smith e Mobley (2007), as tarefas de manutenção preventiva, as quais incluem operações de busca de falhas, são programadas para ocorrerem em intervalos específicos de tempo ou baseados em condições. O objetivo destas tarefas é identificar e prevenir a deterioração de componentes abaixo de níveis de segurança ou confiabilidade, atuando por meio das seguintes atividades:

- Lubrificações periódicas de equipamentos/componentes.
- Revisões sistemáticas do equipamento.
- Planos de aferição e calibração de instrumentos.
- Limpeza periódica de equipamentos/componentes.
- Planos de inspeção de equipamentos/componentes.
- Históricos ou recomendações do fabricante.

2.2.2 Técnicas de Manutenção Preditivas

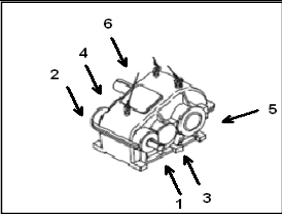
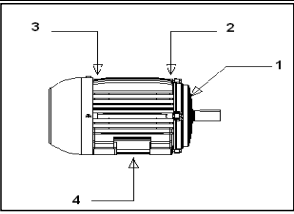
De acordo com Kardec e Nascif (2009), a utilização da manutenção preditiva resulta a redução de acidentes por falhas catastróficas, falhas não esperadas, paradas inesperadas de produção, proporcionando um aumento de segurança pessoal e da instalação.

A manutenção preditiva é a filosofia da utilização das condições atuais de operação da planta, de modo a otimizar a eficiência global da planta, obtendo-se um ganho em produtividade e qualidade de produto. Utiliza-se de ferramentas para obter-se dados das condições reais de operação e baseado nestas informações aciona-se o gatilho para a programação de manutenções conforme demanda. Para Smith e Mobley (2007), as principais técnicas preditivas para coleta de dados da situação real dos ativos são:

Inspeção visual: primeiro método utilizado para coleta de informações para manutenção preditiva. Desde o início de revolução industrial, técnicos de manutenção realizam rotas pelos equipamentos críticos de produção, de modo a identificar pontos de falha em potencial ou mesmo problemas relacionados à manutenção os quais poderiam afetar a confiabilidade, qualidade do produto ou custos operacionais. Atualmente continua a ser uma ferramenta pertinente a qual deve ser utilizada em programas de manutenção total (EDWARDS; HOLT; HARRIS, 1998).

Pode-se realizar inspeções superficiais externas, assim como inspeções internas com o auxílio de equipamentos como endoscópios ou espelhos manuais, para levantamento de demandas de manutenção. Para auxílio destas inspeções, usualmente usa-se uma folha de inspeção (também conhecida por *checklist*) como ferramenta auxiliar, exemplificado na Figura 2.

Figura 2 - *Checklist* de inspeção de redutores de velocidade em transportadores de correia

INSPEÇÃO REDUTORES - TRANSPORTADORES DE ARRASTO															
DATA ___/___/___						INSPETOR:									
SETOR: BRITAGEM DE FARELO						EQUIPAMENTOS: TRANSPORTADORES DE ARRASTO									
ITENS \ EQUIPAMENTO		TC-01	TC-02	TC-03	TC-04	TC-05	TC-06	TC-07	TC-08	TC-09	TC-10	TC-11	TC-12	TC-13	TC-14
2	Verificar ruídos anormais do redutor														
3	Verificar acúmulo de material na carcaça do redutor														
4	Verificar fixação de base e tirantes de regulagem do redutor														
5	Verificar vazamento de óleo no redutor														
6	Verificar nível de óleo e completar se necessário														
7	Inspeccionar e reapertar parafusos de fixação														
19	Medir temperatura dos mancais do eixo motriz														
20	Verificar ruídos e vibrações dos mancais do eixo motriz														
24	Verificar corrente/correia de acionamentos														
27	Verificar sensores de segurança														
EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO															
EQUIPAMENTO PARADO															
<p>Assinale com um (V) as revisões aprovadas e com (X) aquelas que não são. Assinale com um (V) se o equipamento foi inspecionado em operação, parado ou ambos. Assinale com um (NA) se o item não se aplica.</p>															
															
<p>OBS: O motor deve trabalhar com temperatura abaixo de 90°C Os mancais devem trabalhar com temperatura menor do que 70°C</p>															
ANOTAÇÕES															

Fonte: adaptado do material fornecido pela empresa estudada no presente trabalho (2019)

Apesar de ser um método simples, a inspeção visual realizada por um funcionário experiente jamais deve ser subestimada. Esta técnica providencia informações vital da condição do maquinário, de forma praticamente não intrusiva. Alguns das condições usualmente encontradas são: folga em equipamentos e acionamentos, vazamentos e ruídos excessivos (EDWARDS; HOLT; HARRIS, 1998).

Análise de vibrações: A presença de vibração excessiva em equipamentos dinâmicos pode provocar falhas como fadiga, desgaste excessivo, afrouxamento, aquecimento ou ruído (ROCHA, 2014).

A análise destas vibrações é a principal ferramenta para a manutenção preditiva devido ao fato que grande parte dos complexos industriais são compostos por sistemas eletromecânicos, os quais possuem uma frequência natural de funcionamento. Consiste na coleta e análise de dados de vibração de elementos rotativos, causados por esforços dinâmicos. Com uma análise destes dados pode-se descobrir falhas em componentes de acordo com a variação da vibração com o passar do tempo (ROCHA, 2014).

Usualmente aplica-se esta técnica nos equipamentos mais críticos do complexo industrial por um profissional qualificado, utilizando-se um coletor de vibrações e sensores eletromagnéticos, eletrodinâmicos ou acelerômetros (KARDEC; NASCIF, 2009). Possibilita uma redução de custos de manutenção, pois permite um maior aproveitamento da vida útil dos componentes do equipamento acompanhado, assim como também auxilia na programação de intervenções para manutenção.

A Figura 3 ilustra um técnico utilizando um coletor e analisador de vibrações Fluke 810, a qual gera um espectro de vibrações exemplificado na Figura 4. Baseado nos padrões dos picos de vibração, pode-se diagnosticar danos em componentes do equipamento.

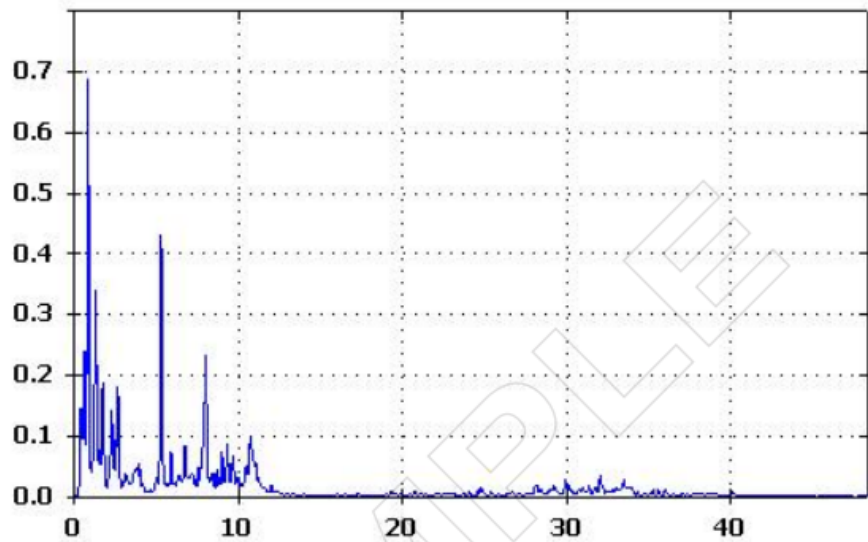
Figura 3 - Coleta de dados de vibração em equipamento rotativo



Fonte: Fluke (2015)

Figura 4 - Modelo de espectro de vibração

Location : Location 2
 Range : High range
 Axis : Axial
 X Axis Unit : Orders
 Y Axis Unit : mm/sec



Fonte: Fluke (2010)

Termografia: Técnica de inspeção não destrutiva e não invasiva a qual pode ser aplicada tanto em componentes eletroeletrônicos quanto em componentes mecânicos.

A termografia tem como princípio de funcionamento a detecção e medição da radiação infravermelha naturalmente emitida pelos componentes de intensidade proporcional às suas temperaturas. Utiliza-se de instrumentos especificamente projetados para captação destas emissões infravermelhas para determinar a condição de operação do componente analisado sem a necessidade de contato físico (SMITH; MOBLEY, 2007).

Com o auxílio de equipamentos especializados na captura das emissões infravermelhas, pode-se obter tanto a temperatura pontual de uma superfície, exemplificado na Figura 5, ou até mesmo imagens térmicas, conforme Figura 6.

Figura 5 - Verificação de temperatura com termômetro infravermelho



Fonte: Fluke (2017)

Figura 6 - Imagem térmica de equipamento rotativo



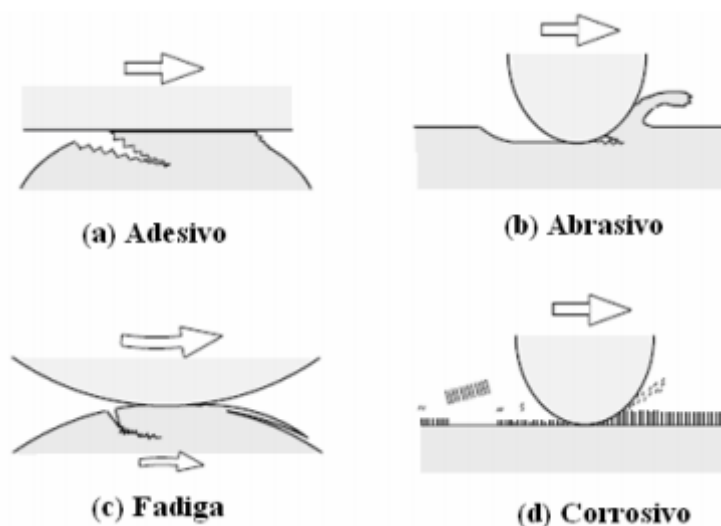
Fonte: Fluke (2017)

A alteração da temperatura é um forte indicador de variação da condição operacional. Usualmente a elevação de temperatura em componentes mecânicos como mancais pode ser relacionada com uma deficiência na lubrificação ou pelo resultado de desgaste. Em componentes eletroeletrônicos este ganho de temperatura pode ter como causa um mau contato. Finalmente em equipamentos como redutores e motorreductores, um ganho de temperatura pode significar um esforço de engrenamento, causando desgaste excessivo (KARDEC; NASCIF, 2009).

Tribologia: Ciência que estuda a interação entre superfícies com movimento relativo entre si, reunindo conhecimentos adquiridos na química, física, mecânica e ciência dos materiais cujo objetivo é o de prever o comportamento de sistemas físicos utilizados em sistemas mecânicos. Seus principais pilares são: atrito, lubrificação e desgaste (RADI, 2007).

O foco do estudo da tribologia é o desgaste, onde tradicionalmente são aceitos quatro modos de desgastes representados na Figura 7.

Figura 7 - Tipos de desgaste causados pelo atrito de dois materiais



Fonte: Radi (2007)

De acordo com Edwards, Holt e Harris (1998), a tribologia se resume na análise completa das características do óleo, sendo as duas principais técnicas preditivas originadas da tribologia são: análise de óleo lubrificante e análise de desgaste de partículas.

A análise de óleo lubrificante é uma técnica que determina qual a condição de óleos usados para lubrificação de equipamentos mecânicos ou elétricos, cujo objetivo é estender a vida útil do lubrificante.

A análise de desgaste de partículas relaciona-se diretamente com a análise de óleo lubrificante, devido à necessidade da coleta de uma amostra diretamente do equipamento, conforme exemplificado no coletor de óleo da Figura 8.

Figura 8 - Coletor de óleo para análise



Fonte: Beneduzzi (2012)

O principal objetivo desta técnica é o de obtenção de informações dos níveis de desgaste de componentes do maquinário por meio da análise de partículas presentes no óleo, de acordo com seus formatos, composição química, tamanho e quantidade.

Ultrassom: Possui princípio de funcionamento igual ao de detecção de vibrações, utilizando-se da análise de ondas, porém em uma frequência muito mais elevada. É possível detectar descontinuidade internas existentes, tais como porosidades, escórias, inclusões em materiais forjados, dobras de laminação e micro trincas em materiais laminados. Seu objetivo é garantir a qualidade e promover uma maior confiabilidade dos materiais aplicados industrialmente (TROMBINI, 2015).

Esta técnica possui um bom desempenho em materiais laminados, porém em materiais fundidos esta técnica apresenta dificuldades devido à natureza do material em si (KARDEC; NASCIF, 2009).

A Figura 9 apresenta o equipamento de ultrassom utilizado para a detecção de falhas internas.

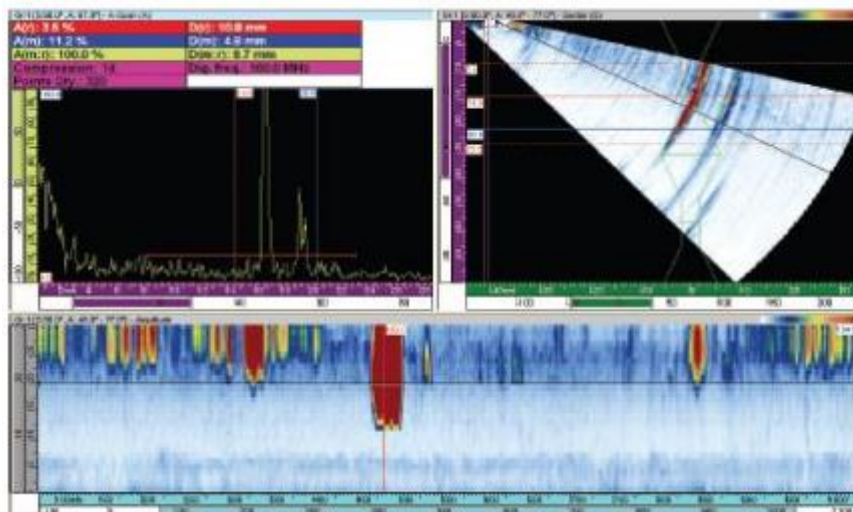
Figura 9 - Equipamento utilizado na aplicação de ultrassom manual



Fonte: Trombini (2015)

Com o auxílio do ultrassom é possível a geração de espectrogramas sonoros os quais acusam falhas internas, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Imperfeições internas detectadas com o uso do ultrassom



Fonte: Trombini (2015)

2.3 INDICADORES RELACIONADOS À MANUTENÇÃO

A mensuração do desempenho de uma planta faz parte do princípio essencial de gerenciamento. Por meio do processo de análise de desempenho é possível avaliar a efetividade da manutenção, identificando-se folgas de desempenho entre real e desejado. Com o auxílio dos dados gerados pela mensuração de funcionalidade, é possível gerar-se um histórico, traçar curvas de tendência e gerar um plano de ação para obter-se uma melhor eficiência global de planta (WEBER; THOMAS, 2005).

Para uma organização ser o mais efetiva possível, deve-se levantar informações quantitativas e qualitativas do estado de seu processo, produtos ou serviços. Com o auxílio destes gerados, pode-se levantar alguns KPI (do inglês: *Key Performance Indicators* – Indicadores-chave de desempenho) que devem ser acompanhados para que se obtenha uma planta com maior disponibilidade e confiabilidade (VELIMIOROVIC, 2010).

Segundo a Norma Brasileira NBR 5462 (1994) o conceito de **disponibilidade** é:

“A capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados”.

Ainda pela Norma Brasileira NBR 5462, o conceito de **confiabilidade** é a “Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo”.

E finalmente, o conceito de **manutenibilidade** pela Norma Brasileira NBR 5462 é:

“Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos”.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), para obtenção dos dados de disponibilidade de um equipamento, deve-se ter conhecimento dos seguintes conceitos:

MTTR – Tempo médio para reparos (do inglês: *Mean time to repair*). Deve-se obter uma média aritmética dos tempos de intervenção no maquinário para a obtenção deste KPI. Soma-se todos os tempos de parada para manutenção e divide-se pela quantidade de intervenções.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo utilizado em manutenções}}{\text{Número de falhas}} \quad (1)$$

MTBF – Tempo médio entre paradas (do inglês: *Mean time between failures*). Deve-se obter uma média de operação do maquinário entre uma falha e outra. Para tal, considera-se apenas o tempo produtivo, desconsiderando-se o tempo utilizado em intervenções de manutenção.

$$MTBF = \frac{(\text{Tempo total}) - (\text{Tempo utilizado em manutenções})}{\text{Número de falhas}} \quad (2)$$

A – Disponibilidade, do inglês: *Availability*. É o tempo que o maquinário está disponível para funcionar conforme o programado.

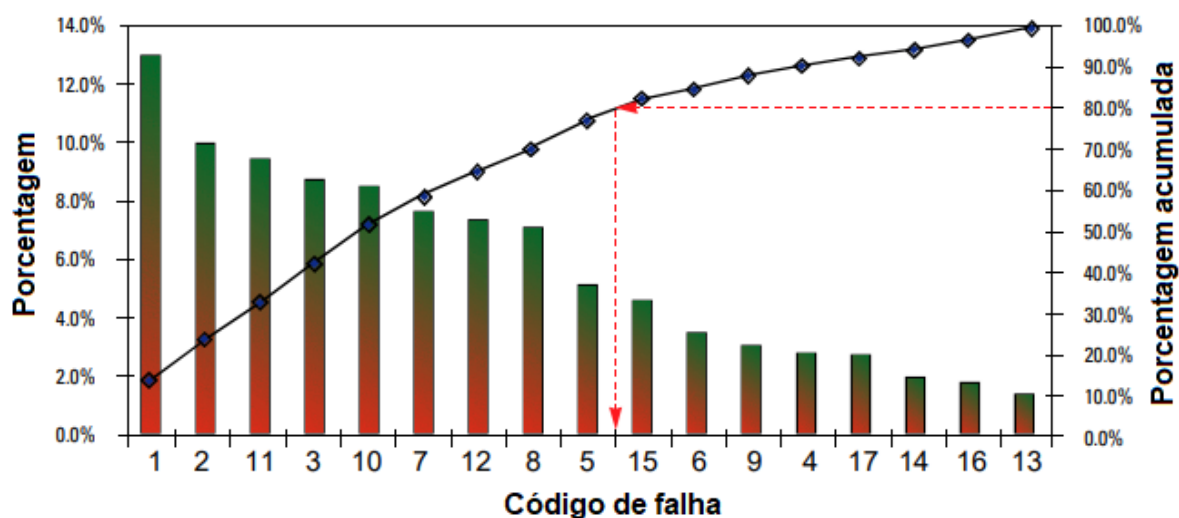
$$A = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \cdot 100\% \quad (3)$$

2.4 DIAGRAMA DE PARETO

O Gráfico ou diagrama de Pareto é uma importante ferramenta de qualidade, baseado em estudos de economia e distribuição de renda realizados por Vilfredo Pareto conclui que 20% da população detinham 80% da riqueza total, enquanto os outros 80% da população apenas 20% (ARNOLD, 2015).

De acordo com Magri (2009), a partir de dados analíticos, pode-se obter uma relação conhecida por 80/20, na qual é possível a geração de uma curva de porcentagem acumulada, auxiliando a definição de quais problemas (20%) geram os maiores impactos (80%). Auxiliado por esta informação é possível realizar uma priorização na qual ataca-se a menor quantidade de problemas e obtém-se a maior quantidade de resultados.

Figura 11 - Exemplo de diagrama de Pareto



Fonte: Knights (2004) - Adaptado

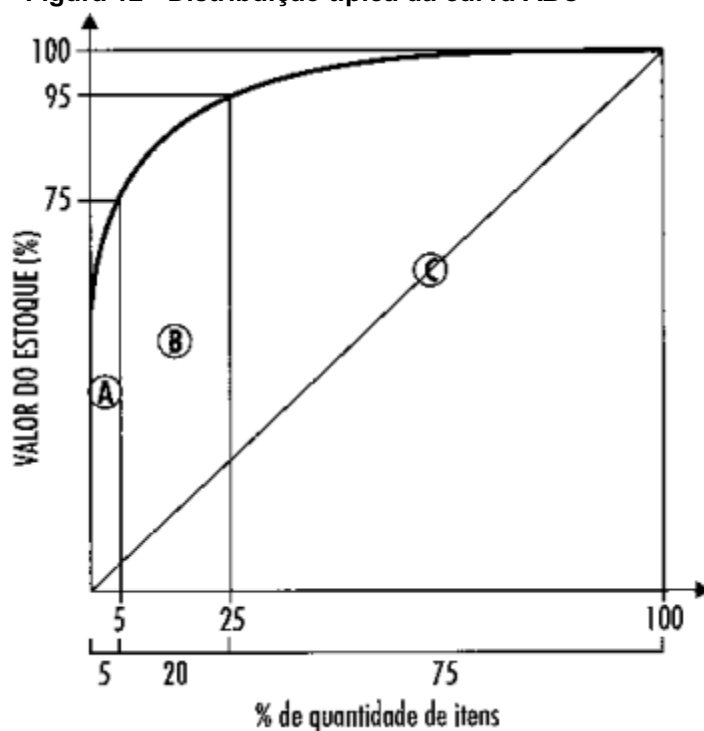
Utilizando-se esta metodologia do exemplo da Figura 11, pode-se concluir que a porcentagem acumulada atinge 80% de frequência após o código 5, tendo-se assim os códigos que devem ser tratados com prioridade.

2.5 CURVA ABC

Baseado na teoria de Pareto, desenvolveu-se uma metodologia para a identificação e classificação de itens, na qual justifique a atenção e tratamento adequado ao seu gerenciamento. Esta metodologia, usualmente empregada para a gestão de estoques é chamada de curva ABC (VAGO, 2013).

De acordo com Viana (2006), esta metodologia pode ser aplicada a qualquer situação que seja possível a identificação de prioridades. Após identificar-se a importância relativa, pode-se estabelecer uma representação gráfica, representada pela Figura 12.

Figura 12 - Distribuição típica da curva ABC



Fonte: Viana (2006)

Pelas classes da curva ABC, podem-se definir três categorias:

Classe A: representa 5% da quantidade dos itens, que são os mais importantes e devem ser tratados com atenção prioritária;

Classe B: compreende 20% da quantidade dos itens e apresentam importância intermediária;

Classe C: composta pelos 75% de itens restantes que são de menor importância.

2.6 FMEA

O **FMEA** (do inglês: *Failure Mode and Effect Analysis*, ou Análise de Modo e Efeito de falha) é um método sistemático de identificação e prevenção de problemas relacionados a produtos ou processos antes de sua ocorrência. Utilizado para redução de custos, possui investimento financeiro baixo, porém necessita de tempo e capital humano na forma de uma equipe multidisciplinar engajada (MCDERMOTT; MIKULAK; BEAUREGARD, 2009).

De acordo com Lipol e Haq (2011), a maior contribuição do FMEA é analisar os potenciais modos de falhas, associar os riscos a estes relacionados, priorizando ações corretivas e também identificar e realizar ações corretivas para solucionar os problemas mais críticos.

Os passos para a utilização da ferramenta, segundo Mcdermott, Mikulak e Beauregard (2009) são:

- Revisar o processo/produto;
- Realizar um brainstorm para elencar potenciais modos de falha;
- Listar potenciais efeitos para cada modo de falha;
- Atribuir uma ordem de severidade para cada efeito;
- Atribuir um nível de ocorrência para cada modo de falha;
- Atribuir um nível de detecção para cada modo de falha ou efeito;
- Realizar a priorização de acordo com os riscos para cada efeito;
- Priorizar ações para modos de falha;
- Realizar ações para eliminar os modos com alto risco de falha;
- Calcular o resultado RPN (*Risk Priority Number*) conforme os modos de

falha são reduzidos ou eliminados.

O RPN é o risco calculado associado ao modo de falha, é calculado pela multiplicação dos valores elencados para as seguintes variáveis: ocorrência, severidade e detecção. É um indicador que utilizado para priorizar qual modo de falha deve ser tratado (BLUVBAND, 2009). O Quadro 1 demonstra um exemplo de procedimento utilizado para listar modos de falhas, efeitos potenciais para estes modos e também encontrar o RPN para cada um destes casos.

Quadro 1 - Formulário FMEA

Formulário para Análise de Modo e Efeito de Falha - FMEA																		
Processo ou Produto _____								Número do FMEA _____										
Time de FMEA _____								Data do FMEA (Original) _____										
Líder do Time _____								Revisado em _____										
												Página: 1 de 1						
Linha	Componente e função	Modo de Falha Potencial	Potenciais efeitos de falha	Severidade	Potenciais causas de falha	Ocorrência	Atuais Controles Preventivos	Detecção		Ações recomendadas	Responsável e Data para finalização	Resultados das ações						
								RPN				Ações tomadas	Severidade	Ocorrência	Detecção	RPN		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

Fonte: Mcdermott, Mikulak e Beaugard (2009) - Adaptado

2.7 MATRIZ DE CRITICIDADE

Utilizando-se os princípios das metodologias FMEA e da curva ABC, pode-se criar uma matriz de criticidade para ativos de uma planta. Esta criticidade representa o grau de importância de um equipamento em um processo produtivo e categoriza os ativos de uma planta em A (alta criticidade), B (média criticidade) e C (baixa criticidade) (OLIVEIRA; ROMAO; AZEVEDO, 2011).

Para categorizar um ativo, devem-se analisar possíveis falhas deste componente, levando em conta suas consequências e atribuir um valor relacionado aos impactos gerados por tal falha. Segundo Bevilacqua, Braglia e Gabrielli (2000), a categorização deve ser realizada baseada nos impactos gerados pelos seguintes fatores relevantes:

Segurança: possível falha no componente apresenta riscos potenciais de acidentes envolvendo pessoas, outros equipamentos meio ambiente.

Importância para o processo produtivo: falha no equipamento pode gerar uma redução no volume de produção, parada total de produção ou alterar a qualidade do produto. Considera-se também se existe equipamento reserva ou mudança de fluxo de processo para contornar a falha.

Custos de manutenção: consideram-se os custos para intervenções, proporcionais à complexidade do equipamento e suas peças de reposição.

Dificuldade de acesso: características específicas do local ou situação em que o equipamento se encontra instalado, tais como áreas classificadas (ambiente explosivo), elevadas ou que necessitem de ferramentas especiais para intervenção.

Frequência de falhas: relaciona-se ao MTBF do equipamento, necessitando uma análise do histórico de intervenções passadas.

Tempo de intervenção: relaciona-se ao MTTR do equipamento, necessitando uma análise do histórico de intervenções passadas. Analisa-se a existência de peças de reposição não convencionais em estoque.

Necessita-se de uma equipe multidisciplinar para realizar um *brainstorm* dos possíveis impactos de uma falha nos equipamentos para que se possa confeccionar ou atualizar uma matriz de criticidade.

De acordo com Fabro (2003), após realizada esta análise conjunta, utilizando-se dos critérios de acordo com suas importâncias e pesos relativos, pode-se gerar uma base de dados de rápida visualização categorizando o nível de criticidade dos equipamentos, conforme exemplificado no Quadro 2, onde os pesos para análise estão representados no Quadro 3.

Quadro 2 - Matriz de criticidade para transportadores selecionados

Matriz de Criticidade				Segurança			Processo		Custos
Item	TAG	%	Criticidade	Severidade	Frequência	Meio ambiente	Produtividade	Qualidade	Manutenção
1	EC-01	50%	A	30	5	5	5	0	5
2	EC-02	65%	A	30	10	5	10	0	10
3	TA-01	50%	A	30	5	5	5	0	5
4	TA-02	20%	C	10	5	0	0	0	5
5	TA-03	35%	B	10	5	0	0	0	5
6	TC-01	60%	A	30	5	10	10	0	5

A ≤ 50% 25% < B < 50% C < =25%

Fonte: adaptado do material fornecido pela empresa estudada no presente trabalho

Quadro 3 - Critérios utilizados para determinação de criticidade de equipamentos

	Severidade	Frequência	Meio ambiente	Produtividade	Qualidade	Custos para reparo
0	Leve (somente primeiros socorros)	Remota (a cada 100 anos)	Impacto não significativo	Não afeta produtividade	Sem impactos na qualidade	N/A
5	Moderado (acidente sem afastamento)	Improvável (Entre 10 e 100 anos)	Impacto restrito próximo ao local	Necessidade de manobra operacional (Linhas de backup alternativas)	Baixo impacto de qualidade	Até R\$ 20.000
10	Grave (acidente com afastamento)	Ocasional (a cada 10 anos)	Impacto restrito próximo ao local afetando ecossistemas raros ou ameaçados	Parada parcial de produção (até 30%)	Alto impacto de qualidade	Entre R\$ 20.000 até R\$100.000
20	Crítico (até uma fatalidade)	Provável (uma vez por ano)	Impacta áreas externas à instalação, afetando ecossistemas comuns	Parada parcial de produção (até 50%)	Perda de produto ou lote	Acima de R\$ 100.000
30	Catastrófico (mais de uma fatalidade)	Frequente (mais de uma vez por ano)	Impacta áreas externas à instalação, afetando ecossistemas raros ou ameaçados	Parada total de produção	N/A	N/A

Fonte: adaptado do material fornecido pela empresa estudada no presente trabalho

2.8 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA MECÂNICA

Para a realização da transferência de potência e movimento angular entre um elemento motriz e o resto de um sistema movido, utiliza-se de elementos de transmissão (SANTOS, 2015).

Os mais usuais componentes destes sistemas de transmissão, os quais podem proporcionar mudança de torque e de velocidade entre os eixos são: correias, engrenagens, parafusos sem fim, correntes e eixos fixados por acoplamentos (SHIGLEY; MISCHKE; BUDYNAS, 2005).

2.8.1 Engrenagens

Engrenagens podem ser consideradas como peças de formatos cilíndricos, retos ou cônicos, dotados de dentes (ou dentaduras) externos ou internos. O principal propósito das engrenagens é a transmissão de movimento e potência sem deslizamento, de modo a multiplicar esforços, gerando trabalho. Conforme a configuração das engrenagens e seu arranjo é possível alterar variáveis da transmissão como rotação, velocidade angular e torque (MELCONIAN, 2009).

A função básica de um par de engrenagens é a transmissão de torque e velocidade angular em diversas aplicações. Um exemplo seria realizar a transferência do movimento rotatório entre eixos paralelos, auxiliados pelo engrenamento (NORTON, 2013).

Considerando-se um cenário ideal sem perdas, a lei fundamental de engrenamento afirma que a razão de velocidade das engrenagens de um par de

engrenamento mantem-se constante. Isto significa que por meio da razão do número de dentes do par de engrenagens ou do diâmetro primitivo (contato entre o par), pode-se obter uma relação para variação de velocidades e torques entre os componentes (NORTON, 2013).

Duas engrenagens acopladas entre si possuem a mesma velocidade tangencial no ponto de contato. Considerando-se que tal velocidade é obtida pela da equação $V=W.R$ (sendo que W é a velocidade angular e R o raio entre os centros e os pontos de contato), pode-se obter uma relação de redução baseada no número de dentes ou raio das engrenagens. É possível assim o cálculo do ganho de torque ou velocidade angular no eixo movido.

Razão de redução (i) entre duas engrenagens, considera-se o raio primitivo ou número de dentes:

$$i = \frac{R_1}{R_2} \quad (4)$$

$$i = \frac{z_1}{z_2} \quad (5)$$

A velocidade tangencial (V) do ponto de engrenamento é o mesmo entre as duas engrenagens, portanto:

$$V = W.R \quad (6)$$

$$V_1 = V_2 \quad (7)$$

$$W_1.R_1 = W_2.R_2 \quad (8)$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (9)$$

$$i = \frac{W_2}{W_1} \quad (10)$$

Para o cálculo do torque (T), considerando-se que a potência (P) do ponto de contato entre as duas engrenagens é constante:

$$P = T.W \quad (11)$$

$$P_1 = P_2 \quad (12)$$

$$\frac{T_1}{W_1} = \frac{T_2}{W_2} \quad (13)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{W_2}{W_1} \quad (14)$$

$$i = \frac{T_2}{T_1} \quad (15)$$

Em que i é a razão de redução, R é o raio primitivo [mm], ou seja, distância entre o centro e ponto de engrenamento, Z é o número de dentes da engrenagem, W é a velocidade angular da engrenagem [RPM], P é a potência no ponto de engrenamento [W], T é o torque [N.m] e V a velocidade tangencial do ponto de engrenamento [mm/s].

Obtendo-se a razão de redução por meio do número de dentes de cada engrenagem ou raio primitivo, com o auxílio das equações (10) e (15), anteriormente demonstradas, pode-se determinar o ganho em torque, representado pela Figura 13.

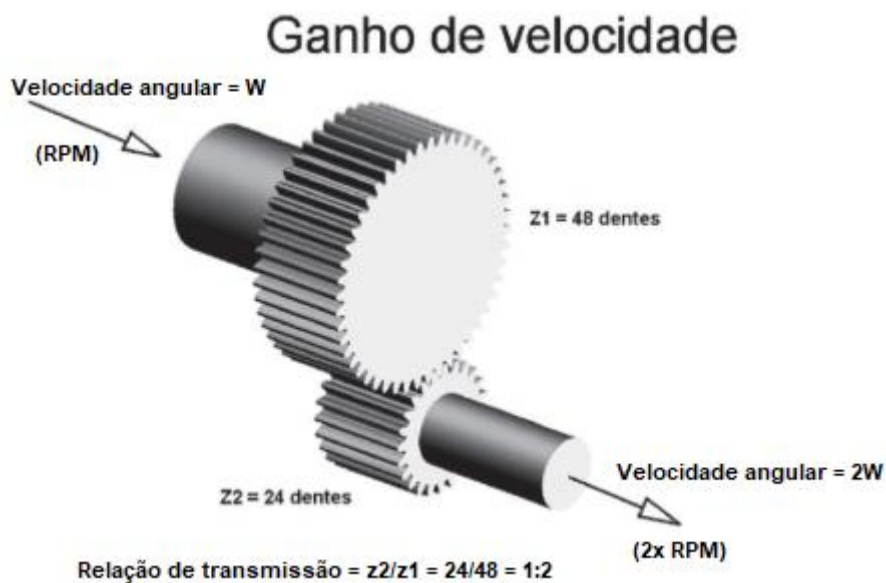
Figura 13 - Transmissão por engrenagens com ganho de torque



Fonte: Adaptada de Mazzo (2013)

A (Figura 14) apresenta um engrenamento cujo principal resultado é o ganho de velocidade angular com redução de torque.

Figura 14 - Transmissão por engrenagens com ganho de velocidade



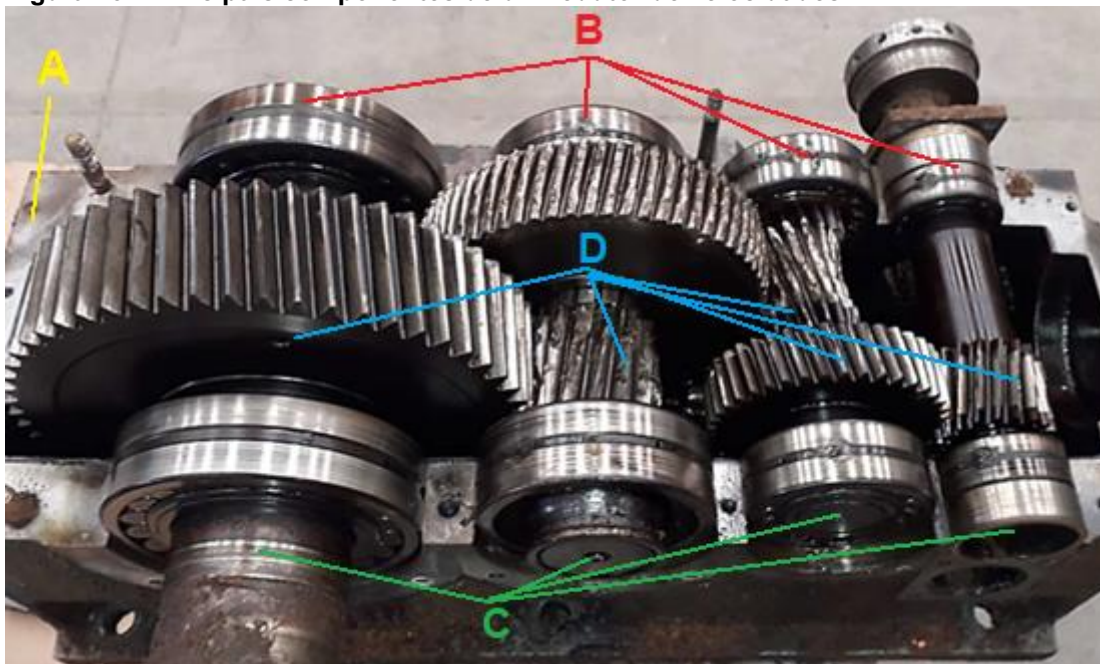
Fonte: Adaptada de Mazzo (2013)

2.8.2 Redutores de Velocidades

Redutores de velocidades são equipamentos capazes de reduzir uma alta rotação gerada por um motor acoplado a seu eixo de entrada, aumentando o torque em seu eixo de saída, de modo que atenda às necessidades operacionais de um equipamento a ele acoplado (SILVA, 2019).

Os componentes básicos de um redutor de velocidade são representados na Figura 15, sendo eles: carcaça (A), rolamentos (B), retentores, óleo lubrificante e trem de engrenagem, composta por eixos (C) e engrenagens (D).

Figura 15 - Principais componentes de um redutor de velocidades

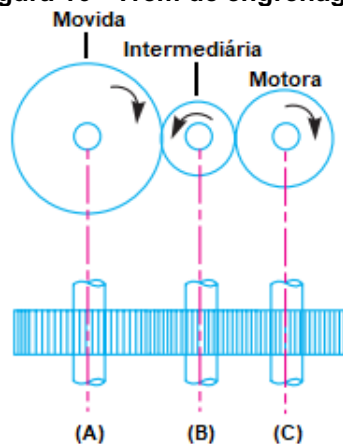


Fonte: autoria própria

Segundo Khurmi e Gupta (2005), a combinação de engrenagens que transmite energia de um eixo a outro é denominada de trem de engrenagens. Pode-se categorizar os trens de engrenagens em:

Simples: somente uma engrenagem por eixo, classificadas como engrenagem movida (A), intermediária (B) ou motora (C), ilustrado na Figura 16.

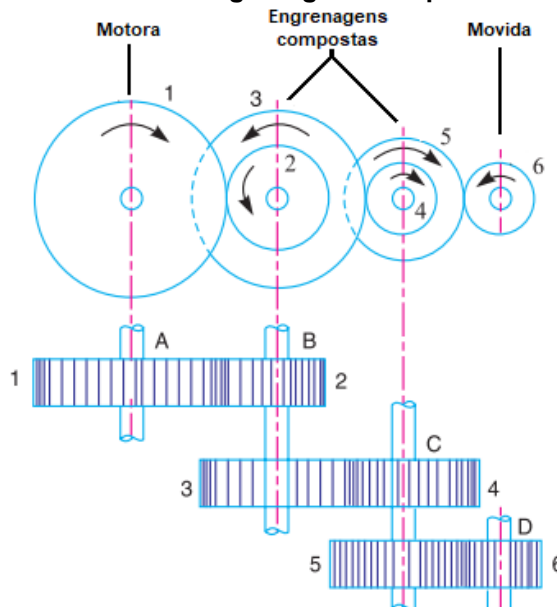
Figura 16 - Trem de engrenagens simples



Fonte: Adaptada de Khurmi e Gupta (2005)

Composto: Existe mais de uma engrenagem por eixo de transmissão, representado na Figura 17, percebe-se que os eixos intermediários (B) e (C) possuem duas engrenagens cada.

Figura 17 - Trem de engrenagens composto



Fonte: Adaptada de Khurmi e Gupta (2005)

Usualmente utiliza-se de trens de engrenagens compostos, quando há uma necessidade de se obter um alto fator de redução, pois evita-se a utilização de engrenagens com diâmetro muito grandes, fato que ocorre em trens de engrenagem simples.

2.9 IDENTIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS - TAGUEAMENTO

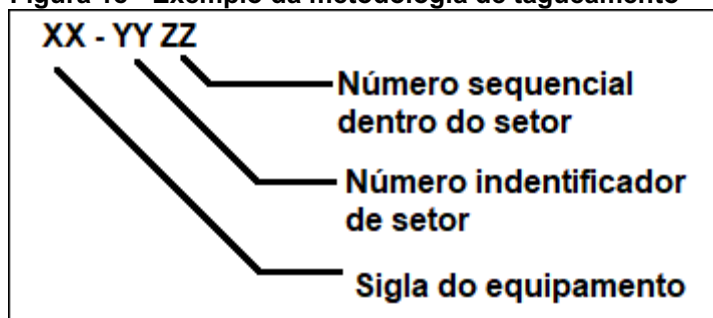
O tagueamento (traduzido do inglês: rotulação) é uma ferramenta simples, cujo principal objetivo é a identificação padronizada e sistemática de componentes e equipamentos de uma planta industrial.

Apesar da Norma Brasileira NBR 8190 ter sido descontinuada em 2010, não houve substituição por uma nova norma então empresas ainda utilizam sua metodologia para a identificação dos equipamentos industriais.

O objetivo do tagueamento é o de identificar os equipamentos de uma planta com uma nomenclatura de siglas para que haja uma rápida identificação de qual

equipamento está sendo tratado, assim como qual é sua função principal, número sequencial e local onde o mesmo se encontra, conforme exemplificado na Figura 18.

Figura 18 - Exemplo da metodologia de tagueamento



Fonte: autoria própria

Com a utilização do tagueamento é possível uma troca de informações mais precisa e rápida, entre aqueles que estejam alinhados com a nomenclatura interna da empresa.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta sessão estão descritos um caso de falha catastrófica de um redutor de equipamento crítico ocorrido na empresa na qual foi desenvolvido este trabalho, a nomenclatura dos equipamentos e os passos realizados para a confecção do plano de contingência.

3.1 METODOLOGIA

O presente trabalho utilizou-se da metodologia de pesquisa descritiva, através do levantamento de dados para a criação de um banco de dados centralizado que permita uma rápida e fácil visualização dos ativos de uma planta moageira de soja.

3.2 TAGUEAMENTO DA EMPRESA MOAGEIRA

Primeiramente deve-se padronizar a nomenclatura dos equipamentos tratados neste trabalho. Os Quadros 4 e 5 apresentam as siglas e numerações utilizadas, assim como suas respectivas legendas.

Quadro 4 - Siglas dos equipamentos do setor da britagem

SIGLA	EQUIPAMENTO
EC	Elevador de Canecas
FM	Filtro Manga
GV	Guincho de Vagões
MM	Moinho de Martelos
TA	Transportador por Arraste
TC	Transportador por Correia
TH	Transportador por Helicoide
VR	Válvula Rotativa

Fonte: autoria própria

Quadro 5 - Códigos dos setores da fábrica

CÓDIGO	SETOR
00	Recebimento
01	Preparação
02	Extração
03	Britagem
04	Refinaria
05	Envase
06	Manutenção
07	ETE
08	Caldeira
09	Embarque
10	Administrativo

Fonte: autoria própria

Apesar da nomenclatura citar todos os setores da empresa, este trabalho trata apenas do setor 03 (britagem).

3.3 FALHA CATASTRÓFICA EM REDUTOR CRÍTICO

Apesar da aplicação de técnicas de manutenção preditivas de análise de vibrações e de óleo lubrificantes, houve uma falha catastrófica no redutor de um equipamento crítico, gerando uma queda na produção em 50%, durante 13 horas. Por se tratar de um equipamento de alto custo, não havia um redutor reserva.

Este elevado tempo se deu devido à dificuldade para a identificação de outro redutor de um equipamento de menor criticidade com características de potência e redução próximas ao do equipamento danificado. Mesmo após a identificação do possível substituto, ainda houve a necessidade da contratação de um guindaste para coleta do mesmo, devido ao fato deste se encontrar montado em um equipamento a 26 metros de altura e pesar aproximadamente 550 kg.

A falha catastrófica ilustrada nas Figuras 19 e 20 ocorreu no mês de março de 2018, apesar de o equipamento ser monitorado por técnicas preditivas de análise de vibrações e de óleo lubrificante.

Figura 19 - Redutor de equipamento crítico inutilizado



Fonte: autoria própria

Figura 20 - Detalhe do desgaste do redutor



Fonte: autoria própria

A coleta de dados de vibração é feita por meio do coletor (Figura 21) e acelerômetro (Figura 22), nos pontos de coletas (Figura 23), para o redutor WEG HELIMAX em questão.

Figura 21 - Coletor de dados de vibração



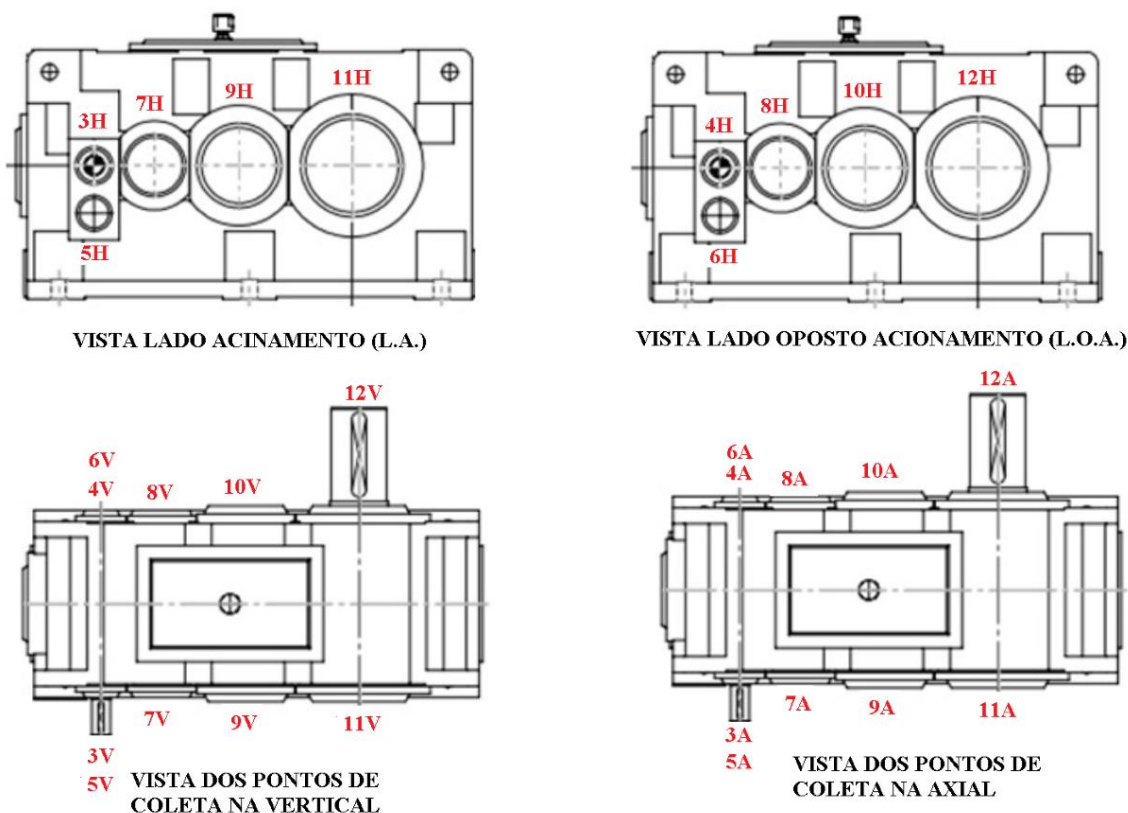
Fonte: autoria própria

Figura 22 - Acelerômetro piezelétrico CTC AC144-ID



Fonte: autoria própria

Figura 23 - Pontos de coleta de dados de vibração em um redutor Helimax E23332P190000

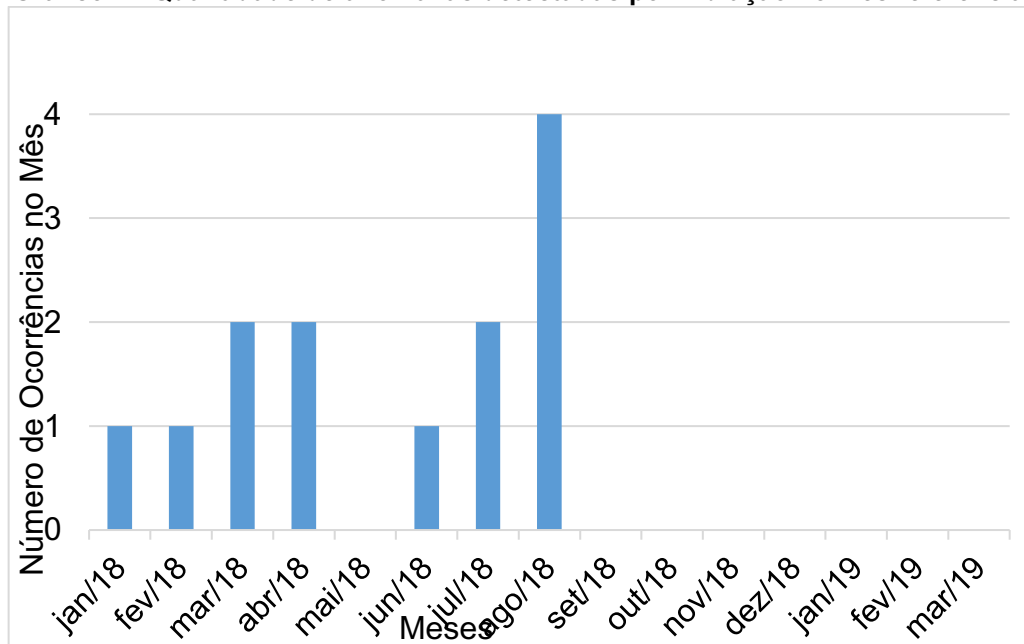


Fonte: WEG (2017) - Adaptado

Conforme ocorrem as análises de vibração e de óleo lubrificante, geram-se relatórios diagnosticando os pontos de atenção os quais possam gerar possíveis falhas. Os relatórios de vibração somente podem ser eliminados após ser realizada uma intervenção para solucionar os problemas.

A quantidade de relatórios acumulados a serem realizados pode ser verificada no Gráfico 1, em onde é relatado até o mês de março de 2018, no qual houve a falha catastrófica no redutor previamente citado.

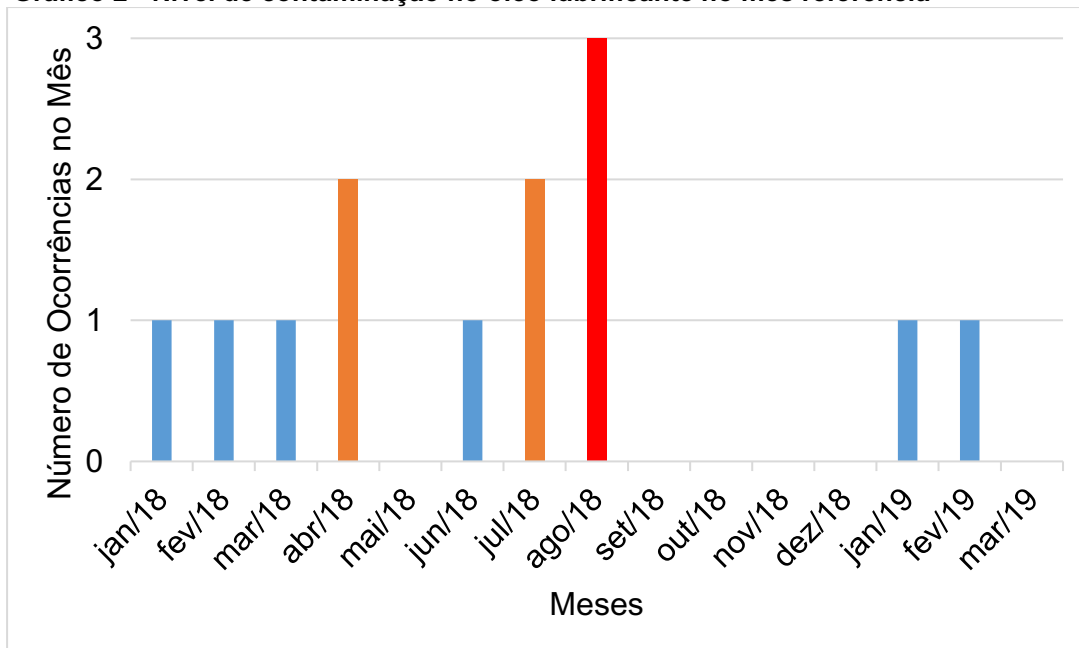
Gráfico 1 - Quantidade de anomalias detectadas por vibração no mês referência



Fonte: adaptado do material fornecido pela empresa estudada no presente trabalho

O Gráfico 2 representa um relato dos níveis de contaminação de óleo lubrificante do equipamento supracitado.

Gráfico 2 - Nível de contaminação no óleo lubrificante no mês referência



Fonte: adaptado do material fornecido pela empresa estudada no presente trabalho

Esta técnica preditiva é realizada mensalmente, a qual indica os seguintes níveis de contaminação:

Nível 1 - Baixa contaminação: Acompanhar a evolução dos níveis de contaminante no óleo.

Nível 2 - Média contaminação: Realizar substituição de carga de lubrificante na oportunidade mais próxima.

Nível 3 - Alta contaminação: Crítico: suspender operação do equipamento e realizar substituição de carga de óleo lubrificante imediatamente.

Conforme demonstrado pelos Gráficos das técnicas preditivas, não haviam indícios de uma possível falha do equipamento em questão. Também só foi possível a retomada operacional do mesmo com a substituição por um redutor com características próximas ao ideal. Portanto justifica-se a confecção de uma planilha centralizada, envolvendo os redutores do setor, de modo a agilizar a substituição de um redutor de um equipamento de menor criticidade em prol do atendimento da produção.

Para confecção desta planilha, seguiu-se o seguinte plano de ação:

- Atualização da matriz de criticidade.
- Coleta de dados de redutores cadastrados no sistema SAP.
- Comparação de dados do sistema com equipamentos em campo.
- Organização do barracão de peças mecânicas usadas.
- Coleta de dados de equipamentos no barracão de peças usadas.
- Confecção de uma planilha centralizada com dados de redutores.

3.4 MÉTODO

Para a execução do plano de ação, primeiramente formou-se uma comissão multidisciplinar (envolvendo integrantes da produção, qualidade, segurança e manutenção), onde analisou-se os critérios demonstrados nos Quadros 2 e 3 e elencaram-se valores através de discussões baseadas em histórico, de modo a classificar os níveis de criticidade dos equipamentos do setor, conforme demonstrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Criticidade dos equipamentos do setor selecionado

CLASSIFICAÇÃO DE CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS DA BRITAGEM DE FARELO							
EC-0301	A	GV-0301	B	TA-0315	B	FM-0301	C
EC-0302	A	MM-0301	B	TA-0316	B	FM-0302	C
EC-0304	A	MM-0302	B	TA-0317	B	TA-0308	C
EC-0306	A	MM-0303	B	TA-0318	B	TA-0320	C
TA-0301	A	TA-0303	B	TC-0305	B	TA-0321	C
TC-0301	A	TA-0304	B	VR-0301	B	TC-0303	C
TC-0304	A	TA-0305	B	VR-0302	B	TA-0302	C
		TA-0306	B	VR-0303	B	TH-0301	C
		TA-0314	B			TH-0302	C

Fonte: adaptado do material fornecido pela empresa estudada no presente trabalho

Coletou-se então dados dos equipamentos cadastrados no sistema de gerenciamento industrial SAP, conforme Quadro 7, para comparação dos equipamentos em campo com os cadastrados no sistema. Para facilitar a conferência dos equipamentos em campo, criou-se um formulário para coleta de dados, conforme apêndice A.

Quadro 7 - Dados obtidos através do sistema SAP

BANCO DE DADOS DE REDUTORES SAP - BRITAGEM DE FARELO					
Data	Modelo - Fabricante	Número de série	Função - Equipamento	Redução	Potência
04/03/2019	TRANSMOTÉCNICA H11-11	BH0095/1	GV-0302		7,5CV
04/03/2019	SEM MARCA CADASTRADA		TC-0305		60CV
04/03/2019	CESTARI	A04234P11	TA-0304	1:49	5CV
04/03/2019	CESTARI	A04234P11	TA-0302	1:49	5CV
04/03/2019	SEM MARCA CADASTRADA		TA-0301		
04/03/2019	SEM MARCA CADASTRADA		VR-0301		
04/03/2019	CESTARI	A02234P11 403616	TA-0306	1:40	3CV
04/03/2019	TRANSMOTÉCNICA		TA-0314	1:40	5CV
04/03/2019	CESTARI	A04234P11	TA-0305	1:49	5CV
04/03/2019	CESTARI	A04234P11	TA-0303	1:49	5CV
04/03/2019	SEW EURODRIVE RF47		VR-0302	1:25	1,5KW
04/03/2019	SEW EURODRIVE RF47		VR-0303	1:25	1,5KW
04/03/2019	TRANSMOTÉCNICA H12-13		EC-0302	1:14	22CV
04/03/2019	SEM MARCA CADASTRADA		TA-0308		60CV
04/03/2019	CESTARI		TA-0321		40CV
04/03/2019	CESTARI		MM-0302		5CV
04/03/2019	CESTARI	HD6/17-15 370784	TA-0320	1:22	36CV
04/03/2019	SEM MARCA CADASTRADA		TC-0304		10CV
04/03/2019	CESTARI	HD4/19	TC-0303	1:14,9	10CV
04/03/2019	SEW EURODRIVE		TC-0304		
04/03/2019	CESTARI		EC-0301		
04/03/2019	CESTARI		EC-0304		
04/03/2019	SCHIFFER RV211	783	GV-0301		7,5CV
04/03/2019	SEM MARCA CADASTRADA		TH-0301		2CV
04/03/2019	XEVEX	U15	TA-0315	1:60	10CV
04/03/2019	CESTARI	HD4/17	TA-0316	1:19,3	15CV
04/03/2019	CESTARI	A02234P19	TA-0317	1:49,1	7CV
04/03/2019	CESTARI		TA-0318		20CV
04/03/2019	TRANSMOTÉCNICA	H12-17	TA-0318		40CV
04/03/2019	CESTARI	HD7.21-15 306704	TC-0301	1:17	
04/03/2019	GEREMIA MR6875	13100909	FM-0301	1:50	
04/03/2019	GEREMIA HRGS75	15062083	TH-0302	1:50	

Fonte: adaptado do material fornecido pela empresa estudada no presente trabalho

Em campo verificou-se as plaquetas de identificação dos fabricantes dos redutores, de modo a coletar informações completas acerca dos redutores instalados nos equipamentos industriais, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Plaqueta de identificação redutor WEG CESTARI



Fonte: autoria própria

Realizou-se uma organização no depósito de peças usadas, na qual foram descartadas peças sobressalentes inutilizadas e catalogou-se todos os redutores reservas, classificados em revisados e não revisados.

Figura 25 - Barracão antes da organização



Fonte: autoria própria

A Figura 25 demonstra a situação anteriormente à organização, com a presença de diversos materiais obsoletos. Após o descarte e organização das peças, pode-se verificar uma grande melhoria, conforme visto na Figura 26.

Figura 26 - Barracão após organização



Fonte: autoria própria

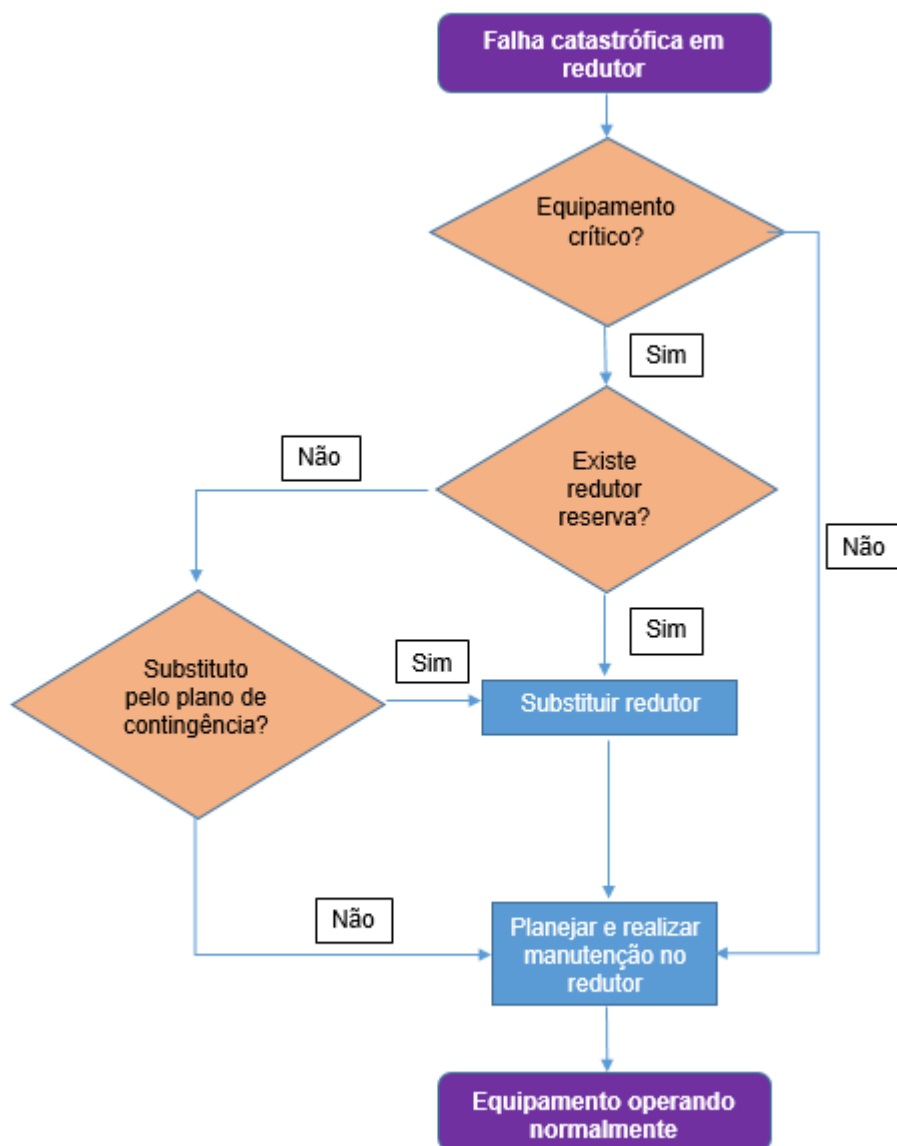
Atualizou-se o sistema SAP, realizando os seguintes passos:

- Eliminaram-se do sistema equipamentos inexistentes ou inutilizados.
- Cadastraram-se os equipamentos não registrados no sistema.
- Complementou-se com informações adicionais os equipamentos já cadastrados.

4 RESULTADOS

O resultado deste trabalho é o banco de dados centralizado, contendo dados acerca de equipamentos instalados em campo, assim como equipamentos reservas classificados em prontos para uso ou não. Por meio do auxílio das informações nele contidas, pode-se tomar uma decisão, seguindo o fluxograma da Figura 27.

Figura 27 - Fluxograma em caso de falha catastrófica em redutores



Fonte: autoria própria

O banco de dados, ilustrado na Figura 28 e apêndice B, tem por finalidade a centralização da informação de modo que em caso de falha catastrófica inesperada.

Ele possibilita uma tomada de decisão rápida, de modo que se possam substituir componentes ou até mesmo o redutor inteiro de um equipamento de criticidade baixa ou moderada para que se coloque o equipamento crítico em falha em operação com o menor tempo de intervenção.

Figura 28 - Planilha para armazenamento de dados

	A	B	C	D	E	
1						
2		Dados do Equipamento			Legenda	
3		Data			Data de cadastro/Atualização nesta planilha	
4		TAG			TAG do redutor	
5		Modelo - Fabricante			Modelo/Fabricante do redutor	
6		Número de Série			Número de série do fabricante	
7		Função - Equipamento			Nome do equipamento no qual o redutor está instalado	
8		Redução			Razão de redução do redutor	
9		Potência			Potência do redutor	
10		Diâmetro de entrada			Polegadas ou mm	
11		Diâmetro de saída			Polegadas ou mm	
12		Acoplamentos			Fixação motor-redutor	
13		Elemento Adicional (Polia; engrenagem)			Gravar dados adicionais caso exista engrenagem/polia no redutor	
14		Observações			Informações extras (caso seja necessário)	
16						
17						
18						
36						
37						

Fonte: autoria própria

Inicialmente a planilha para catálogo e controle dos equipamentos, contendo inicialmente número de série, razão de redução, tipo de redutor e potência (Ilustrado anteriormente no Quadro 7).

Verificou-se a oportunidade de melhoria através da coleta de informações adicionais (tais como elementos transmissores de força, tipos de acoplamentos e quaisquer particularidades adicionais do equipamento).

Adaptou-se então a planilha de modo a atender as novas oportunidades (apêndice B) e também se realizaram melhorias através da automatização da mesma por meio da implementação de funções macros simples.

4.1.1 Dificuldades Encontradas

Para a atualização da matriz de criticidade, necessitou-se de extensas reuniões para discussão devido à divergência de opiniões geradas pela subjetividade da classificação dos riscos. Fato que alinhado à quantidade de ativos da planta, tomou um extenso tempo para atualização completa.

Devido às condições operacionais do setor, existe a presença elevada de particulados no ar, o que gera a necessidade de uma limpeza (utilizando-se os materiais da Figura 29) para realizar a verificação dos equipamentos em campo, coletando-se dados nas plaquetas ilustradas anteriormente.

Figura 29 - Material utilizado para limpeza dos equipamentos



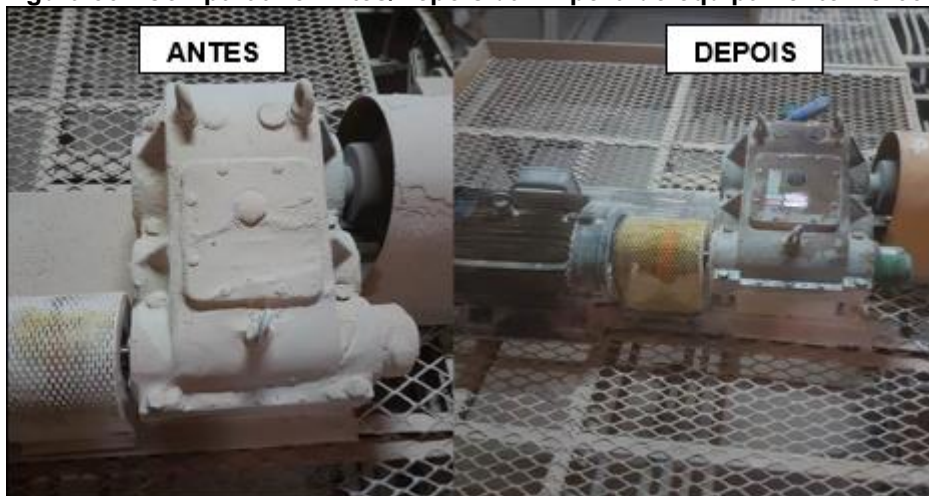
Fonte: autoria própria

Outra dificuldade durante a realização da limpeza superficial dos redutores foram a necessidade de utilização de máscaras respiratórias para evitar a inspiração do particulado.

Outro fator complicador usual em muitos dos equipamentos é o fato de possuírem acesso dificultado devido ao local nos quais os mesmos se encontravam instalados, por vezes necessitando-se ajuda para coleta de informações de colaboradores treinados para trabalho em altura.

As Figuras 30 e 31 demonstram a situação anteriormente e posteriormente à realização da limpeza dos equipamentos em que se realizou coleta de dados nas plaquetas de identificação.

Figura 30 - Comparativo Antes/Depois da limpeza do equipamento TC-0301



Fonte: autoria própria

Figura 31 - Comparativo Antes/Depois da limpeza do equipamento TA-0305



Fonte: autoria própria

Por final, diversos equipamentos em campo encontram-se instalados sem qualquer tipo de plaqueta de identificação, impossibilitando uma correta identificação de diversas de suas características sem a abertura do mesmo, fato que para que ocorra é necessário o bloqueio do equipamento e parada da linha industrial.

Percebeu-se que o sistema SAP se encontrava muito desatualizado, contendo equipamentos que há anos haviam sido desativados, assim como equipamentos sem descrições completas. Para atualização do sistema, necessitou-se verificar em campo todos os equipamentos para conferência.

5 CONCLUSÃO

A criação um plano de contingência pode melhorar um importante indicador relacionado à disponibilidade, o MTTR (Tempo médio gasto em intervenções de manutenção) melhorando assim o nível de confiabilidade da planta.

Possuir um banco de dados com o nível de importância do equipamento (envolvendo produtividade, segurança e qualidade do produto) permite utilizar a estratégia de suspender a atividade de um equipamento menos importante para remoção de componentes, peças ou equipamentos de modo a reduzir o tempo de maquinário parado de um equipamento crítico.

Apesar de se tratar de um trabalho que engloba puramente o levantamento de dados e armazenamento em uma planilha centralizada, consegue-se perceber a importância de se ter confiança nas informações cadastradas no sistema industrial.

Ao final obteve-se um banco de dados consideravelmente mais completo acerca dos equipamentos instalados na planta em relação aos inicialmente cadastrados no sistema SAP. Fato este que facilitará uma eventual alocação emergencial de um equipamento de menor criticidade no lugar de outro mais crítico, possibilitando a redução do MTTR englobando essa intervenção.

Novos estudos devem ser realizados de modo a aprofundar e aplicar técnicas mais específicas para a coleta e armazenamento de informações, podendo separar até mesmo componentes internos dos equipamentos, assim como seus custos para substituição.

O presente trabalho pode ser replicado em outras indústrias, sem limitações em relação ao tipo de empresa, setor estudado ou equipamento.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, Barry C. **Pareto Distributions**. 2. ed. Florida: CRC Press, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 37p. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8190: Simbologia de Instrumentação. Rio de Janeiro, 58p. 1983.

BENEDUZZI, Anderson Henrique. **Procedimentos de Coletas de Óleo para Análise Preditiva de Turbinas a Gás**. 2012. 88 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2012

BEVILACQUA, Maurizio; BRAGLIA, Marcello; GABBRIELLI, Roberto. Monte Carlo simulation approach for a modified FMECA in a power plant. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 16, n. 4, p.313-324, 2000. Wiley.

BLUVBAND, Zigmund; GRABOV, Pavel. Failure Analysis of FMEA. In: RELIABILITY AND MAINTANABILITY SYMPOSIUM, Annual, 2009, Texas. **Proceedings...** Texas: FORT WORTH, 2009. p.345-348.

EDWARDS, David J.; HOLT, Gary D.; HARRIS, F. C. Predictive maintenance techniques and their relevance to construction plant. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 4, n. 1, p.25-37, mar. 1998. Emerald.

FABRO, Elton. **Modelo Para Planejamento de Manutenção Baseado em Indicadores de Criticidade de Processo**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

FLUKE. **Technical Data**: 64 MAX, 62 MAX+ and 62 MAX IR Thermometers. EUA, 2017.

FLUKE. **Fluke 810 Diagnostic Report**: Vibration Tester Diagnostic Report. EUA, 2010.

FLUKE. **Dados Técnicos**: Medidor de Vibrações Fluke 810. Portugal, 2015.

FLUKE. **Quick Reference Guide**: Ti300 PRO, Ti300+, Ti400 PRO, Ti450 PRO, Ti450 SF6, Ti401 Pro, Ti480 PRO Professional Thermal Imagers. EUA, 2017.

HOOSE, Anderson; SCHEIDMANDEL, Nilo A.; HOOSE, André; LIELL, Cristian; CESARI, Felipe; LERMEN, Matheus. **Introdução à Manutenção Industrial**: Conceitos e Casos Práticos. Passo Fundo: UPF, 2017.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: Função Estratégica. 3. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: QUALITYMARK, 2009.

KHURMI, R. S.; GUPTA, J. K. **Theory of Machines**. 14. ed. New Dehli: S. Chand Co. Ltd, 2005.

KNIGHTS, Peter F. Downtime Priorities, Jack-knife Diagrams, and the Business Cycle. **Maintenance Journal**, v. 17, n. 2, p. 14-21, may, 2004.

KOBBACY, Khairy a.h; MURTHY, Prabhakar (ed.). **Springer Series in Reliability Engineering**: Complex System Maintenance Handbook. 1.ed. England: Springer, 2008.

LIMA, Lincoln Ferreira. **Gerenciamento de Manutenção da Divisão de Equipamento Baseado em Processos Quantitativos Utilizados pela Plataforma E-Campus**. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UFAM, Manaus, 2017.

LIPOL, Lefayet S., HAQ, Jahirul. Risk Analysis methodÇ FMEA;FMECA in the Organizations. **Intenational Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 11, n. 5, p. 49-57, October, 2011.

MAGRI, Juliana Maria. **Aplicação do Método QFD no Setor de Serviços**: Estudo de Caso em um Restaurante. 2009. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

MAZZO, Norberto. **Engrenagens Cilíndricas: da Concepção à Fabricação**. Brasil: Blucher, 2013. 838 p.

MCDERMOTT, Robin E.; MIKULAK, Raymond K.; BEAUREGARD, Michael R. **The Basics of FMEA**. 2. ed. New York: CRC Press, 2009.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. 9. ed. rev. Brasil: ERICA, 2009.

NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem Integrada**. 4. ed. Brasil: BOOKMAN, 2013. 1055 p.

OLIVEIRA, Elizeu de F.; ROMAO, Everaldo C.; AZEVEDO, Anderson P., Análise da Eficiência da Gestão de Peças Sobressalentes de uma Empresa de Saneamento Básico, **PERSPECTIVAS online**, v. 5, n. 17, 2011.

RADI, Polyana Alves.; et al. Tribologia, Conceitos e Aplicações. In: XIII ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA. 13., 2007, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2007. p. 1-13.

ROCHA, Diego Lilargem. **Análise de Vibrações em Equipamentos Rotativos de uma Indústria Alimentícia**. 2014. 130 f. Monografia (Tecnologia em Manutenção Industrial) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2014.

ROSA, Eurycibiades Barra. **Indicadores de Desempenho e Sistema ABC: O Uso de Indicadores para uma Gestão Eficaz do Custeio e das Atividades de Manutenção**. 2006. 509 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SANTOS, Vitor B. **Elementos de Máquinas: Elementos de Transmissão de Potência e Movimento**. 2015. Dissertação (Curso Técnico de Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Belém, 2015. f. 26.

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. **Projetos de Engenharia Mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2005.

SILVA, Ademar Fagundes. **Redutor de Velocidades com Solução Anti-Backlash**. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Mecatrônica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SILVA, Breno F. **Gestão Estratégica de Manutenção**: Método que Reduz Custos na Organização. 2018. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Anhanguera de Anápolis, Anápolis, 2018.

SMITH, Ricky; MOBLEY, R. Keith. **Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers**. USA: Butterworth-Heinemann, 2007.

TROMBINI, Mauricio. **Avaliação da Técnica de Ultrassom Phased Array para a Otimização do Controle de Qualidade em Aços Laminados e Forjados**. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - UNICAMP, Campinas, 2015.

VAGO, Fernando Rodrigues Moreira et al. A IMPORTÂNCIA DO GERENCIAMENTO DE ESTOQUE POR MEIO DA FERRAMENTA CURVA ABC. **Revista Sociais e Humanas**, [S.l.], v. 26, n. 3, p. 638-655, dez. 2013. ISSN 2317-1758.

VELIMIROVIC, Dragana; VELIMIROVIĆ, Milan; STANKOVIĆ, Rade. Role and importance of key performance indicators measurement. **Serbian Journal of Management**, v. 6, n. 1, p.63-72, 2011. Centre for Evaluation in Education and Science (CEON/CEES).

VIANA, João José. **Administração de Materiais**: Um Enfoque Prático. São Paulo: ATLAS, 2006.

WEBER, Al; THOMAS, Ron. **Key Performance Indicators**: Measuring and Managing the Maintenance Function. Canada: IVARA, 2005. 16 p.

WEG. **Catálogo WEG Cestari Helimax**: Redutores de Eixos Paralelos/Ortogonais e Engrenagens Helicoidais Retificadas, 2017. 76 p.

XAVIER, Francisco José Cavalcante. **Manutenção Como Atividade de Gestão e Estratégia**: Um Estudo na Empresa Alfa do Polo Industrial de Manaus. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - UFPA, Belém, 2015.

APÊNDICE A - Formulário para Coleta de Dados em Campo

APÊNDICE B - Banco de Dados de Redutores

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Data	Modelo - Fabricante	Número de série	Equipamento	Redução	Potência	Diâmetro entrada	Diâmetro saída	Acoplamentos	Elemento Adicional (Polia; engrenagem)	Observações
25/06/2019	CESTARI		EC-0301					Elemento Ômega E-10 Corrente 1.1/4	Engrenagem DP 1.1/4	EQUIPAMENTO EM ALTURA
25/06/2019	TRANSMOTÉCNICA H12-13	159488	EC-0302	1:14	22CV			Elemento Ômega Corrente Duplex 1.1/4	Engrenagem 1 Engrenagem 2	
25/06/2019	CESTARI		EC-0304					Elemento Ômega E-30 Corrente 1.1/2	Polia V lisa perfil A	EQUIPAMENTO EM ALTURA
25/06/2019	SEW EURODRIVE KA1077T AM200		EC-0306					Elemento Ômega E-10 Corrente 1.1/2	Engrenagem 1.1/2	EQUIPAMENTO EM ALTURA
26/06/2019	GEREMIA MR6875	13100909	FM-0301	1:50	1,5CV			Flangeado		Raspador de fundo
26/06/2019	ZARA-MR100. FIG.D6. 1:80	7464	FM-0302	1:80				Flangeado		Válvula rotativa
26/06/2019	ZARA-MR70. FIG.E2. 1:80	9475	FM-0302	1:80	7,5CV					
26/06/2019	SCHIFFER RV211	783	GV-0301		7,5CV					
26/06/2019	TRANSMOTÉCNICA HT1-11	BH00951	GV-0302		7,5CV					
27/06/2019	CESTARI		MM-0302		5CV			Elemento Ômega E-50		EQUIPAMENTO EM ALTURA
27/06/2019	CESTARI	403.626	TA-0308		60CV			Elemento Ômega Corrente Triplex	Engrenagem	
27/06/2019	CESTARI HD6/17	370.784	TA-0320	1:22	36CV			Corrente Triplex 1.1/2	Engrenagem	
27/06/2019	CESTARI HD9		TA-0321	1:49	40CV			Elemento Ômega Corrente Triplex	Polia - 5 canais de correia	
27/06/2019	CESTARI HD7 21-15	306.704	TC-0301	1:16,9	55CV			Elemento Ômega E-20 Corrente Triplex		
27/06/2019	CESTARI	HD4/19	TC-0303	1:14,9	10CV			Elemento Ômega E-5 Corrente Triplex		EQUIPAMENTO EM ALTURA
27/06/2019	CESTARI		TC-0304		10CV			Engrenagem 1.1/2		EQUIPAMENTO EM ALTURA
28/06/2019	SEW EURODRIVE		TC-0304		1CV					EQUIPAMENTO EM ALTURA
28/06/2019	CESTARI		TC-0305		60CV					
28/06/2019	CESTARI		TA-0301		10CV			Engrenagem 1.1/2		
28/06/2019	CESTARI	A04234P11	TA-0302	1:49,1	7,3CV			Acoplamento FALK	Engrenagem	
28/06/2019	CESTARI	A04234P11	TA-0303	1:49	5CV			Engrenagem 1.1/2		
28/06/2019	CESTARI	A04234P11	TA-0304	1:49	5CV			Elemento Ômega E-5		
28/06/2019	CESTARI		TA-0305		5CV			Engrenagem 1.1/2		
02/07/2019	CESTARI	A04234P11	TA-0305	1:49	5CV			Elemento Ômega E-10		
02/07/2019	CESTARI	A02234P11 403616	TA-0306	1:40	3CV			Engrenagem 1.1/4		
02/07/2019	TRANSMOTÉCNICA		TA-0314	1:40	5CV			Elemento Ômega E-5		
02/07/2019	XEVEX	U15	TA-0315	1:60	10CV			Elemento Ômega E-10		
02/07/2019	CESTARI	HD4/17	TA-0316	1:19,3	15CV			Engrenagem 1.1/4		
02/07/2019	CESTARI	A02234P19	TA-0317	1:49,1	7CV			Elemento Ômega E-10		
02/07/2019	CESTARI		TA-0318		20CV			Engrenagem 1.1/2		