

ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGÉLICA
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA – FACEG
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ELIAS IRIS ABADIO JÚNIOR

**ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA
INDÚSTRIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

GOIANÉSIA/GO

2022

2022	ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO	FACEG
------	--	-------

ELIAS IRIS ABADIO JÚNIOR

**ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA
INDÚSTRIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

GOIANÉSIA/GO

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

A116e

Abadio Júnior, Elias Iris.

Estudo de Implementação da manutenção planejada em uma indústria do setor sucroalcooleiro / Elias Iris Abadio Júnior – Goianésia: Faculdade Evangélica de Goianésia, 2022 – Faceg, 2022.

50 p.; il.

Orientador: Profa. Ariane Martins Caponi Lima.

Monografia de Graduação – Faculdade Evangélica de Goianésia: FACEG, 2022.

1. Implementação. 2. Manutenção. 3. Planejada.

I. Júnior, Elias Iris Abadio. II. Implementação da manutenção planejada em uma indústria do setor sucroalcooleiro.

CDU 621

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Júnior, E.I.A. ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO. Trabalho de conclusão Curso (Graduação em Engenharia mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2022.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME: ELIAS IRIS ABADIO JÚNIOR

GRAU: BACHAREL

ANO: 2022

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação, única e exclusivamente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.



Nome: Elias Iris Abadio Júnior

CPF: 067.471.561-61

Endereço: Bairro Boa Vista. Goianésia-GO

Email: eliasjuniora17@gmail.com

ELIAS IRIS ABADIO JÚNIOR

**ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA
INDÚSTRIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Goianésia, 27 de Junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ariane Martins Caponi Lima - Orientador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Profa. Dra. Lauriane Gomes Santin - Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Prof. Rogério Rodrigues dos Santos - Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

*“Consagre ao senhor tudo o que você
faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.”
(Provérbios 16:3)*

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, por me dar vida e saúde para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha família, em especial a meu pai Elias Iris Abadio e minha mãe Ebe Ferreira Abadio que sempre se dedicaram a meu estudo e me apoiou em tomadas de decisões.

À minha avó Margarida Gomes Abadio que nunca me deixou desamparado e sempre intercedeu com orações e clamores a meu favor.

À minha namorada Isabelle Costa De Jesus que sempre me deu apoio e incentivo para seguir firme com os estudos, me acalmando e renovando minhas forças com seu amor e carinho.

À minha professora e orientadora Ariane Martins Caponi Lima por aceitar ser minha orientadora em meio a dificuldades e com tempo reduzido, sempre pronta para tirar dúvidas e corrigir meus erros.

À todos os professores do curso de engenharia mecânica da FACEG que tive o privilégio de ser aluno e adquirir conhecimentos.

À Juliana Esmeralda por toda dedicação e esforço para me ajudar em meio às dificuldades no decorrer do curso.

À meus amigos Raniell Mazzily Izidoro, Ricardo de Jesus, Nicolle Almeida, João Italo Faria; por terem me ajudado em todos os momentos de dificuldade, tanto no decorrer do curso quanto na elaboração desse trabalho de conclusão.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso sobre implementação de manutenção corretiva planejada em uma empresa do setor sucroalcooleiro na região do Vale do São Patrício no estado de Goiás, onde a manutenção de equipamentos recebeu um novo método de realização. O estudo busca analisar os benefícios do novo método de manutenção implementado, fazendo análises de alguns tipos de manutenção encontradas na literatura, juntamente com dados obtidos através do PCM industrial nos dois primeiros anos da implementação. Após a coleta e os estudos dos dados, partiu-se para a organização e interpretação dos mesmos. A interpretação dos dados se deu através de parâmetros de manutenção, elaborando tabelas e gráficos, auxiliados por cálculos e resultados internos da empresa. A manutenção corretiva planejada tem como finalidade reduzir número de paradas não programadas ocasionadas por quebras, reduzindo perda na qualidade e na quantidade de horas do processo parado inesperadamente. De acordo com os resultados obtidos na realização desse trabalho a implementação atendeu as necessidades do processo em questão, diminuindo falhas total e tempo médio de parada não planejada.

Palavras-chaves: Implementação. Manutenção. Planejada.

ABSTRACT

This work aims to carry out a case study on the implementation of planned corrective maintenance in a company in the sugar and alcohol sector in the region of Vale do São Patrício in the state of Goiás, where equipment maintenance received a new method. The study seeks to analyze the benefits of the new implemented maintenance method, analyzing some types of maintenance found in the literature, along with data obtained through the industrial PCM in the first two years of implementation. After collecting and studying the data, it was decided to organize and interpret them. Data interpretation was carried out through maintenance parameters, preparing tables and graphs, aided by internal calculations and results of the company. Planned corrective maintenance aims to reduce the number of unscheduled shutdowns caused by breakdowns, reducing loss in quality and the number of hours of the process stopped unexpectedly. According to the results obtained in carrying out this work, the implementation met the needs of the process in question, reducing total failures and average unplanned downtime.

Key words: Implementation. Maintenance. Planned.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Manutenção	18
Figura 2 - Evolução da falha.....	21
Figura 3 - Tipos de Manutenção	22
Figura 4 - Bomba Centrífuga em Corte.	25
Figura 5 - Espectro em Velocidade.	26
Figura 6 - Espectro em Aceleração.....	26
Figura 7 - Níveis Globais de Vibração	27
Figura 8 - Filtros de Envelope de Aceleração da SKF	27
Figura 9 - SKF Microlog CMXA 70 com Acessórios	28
Figura 10 - Hierarquia de manutenção corretiva não planejada	31
Figura 11 - Hierarquia de manutenção corretiva planejada.....	32
Figura 12 - Hierarquia da Estrutura Organizacional.....	34
Figura 13 - Porcentagem de ordens ICN e ICP 2020/2021	39
Figura 14 - Gráfico com horas de paradas por tipo de O.S.	43
Figura 15 - Média das horas de paradas por tipo de O.S.	44
Figura 16 - Número de falhas por tipo de ordem.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Status Para Equipamento Monitorado	33
Tabela 2 - O.S. mês de julho 2019.....	36
Tabela 3 - Ordens ICN safra 2020	37
Tabela 4 - Ordens ICP safra 2020.....	37
Tabela 5 - Ordens ICN 2021	38
Tabela 6 - Ordens ICP safra 2021.....	38
Tabela 7 - Tempo de duração de serviço por O.S. 2019.....	40
Tabela 8 - Tempo de duração de serviço por ordens ICN 2020.	41
Tabela 9 - Tempo de duração de serviço por ordens ICP 2020.....	41
Tabela 10 - Tempo de duração de serviço por ordens ICN 2021.	42
Tabela 11 - Tempo de duração de serviço por ordens ICP 2021.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção
PIB	Produto Interno Bruto
PF	Potential Failure
PCM	Planejamento de controle de manutenção
ICN	Intervenção Corretiva Não Planejada
ICP	Intervenção Corretiva Planejada
OS	Ordem de Serviço
SAP	System Applications and Products in Data Processing
SKF	Svenska Kullager Fabriken
TMDR	Tempo médio de reparo
HCI	Horas Consumidas por Intervenções
NI	Número de Intervenções

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos	16
1.2	Objetivos específico	16
1.3	Justificativa	16
1.4	Problema de pesquisa	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Manutenção	18
2.2	Tipos de manutenção	19
2.2.1	Manutenção corretiva	19
2.2.2	Manutenção preventiva	20
2.2.3	Manutenção preditiva	20
2.2.4	Engenharia da manutenção	22
2.3	Planejamento de controle de manutenção (PCM)	22
2.3.1	Importância do plano de manutenção na indústria	23
2.3.2	Análise dos índices de manutenção e falhas em bomba centrífuga	24
3	METODOLOGIA	29
3.1	Tipos de pesquisa	29
3.2	Estudo de caso	29
3.3	Objeto de estudo	30
3.4	Coleta e interpretação de dados	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1	Processo de implementação do PCM na empresa	31
4.1.1	Inspeção e Relatórios	33
4.1.2	Estrutura organizacional	34
4.1.3	Análise de falhas	35

4.2	Análise dos indicadores	36
4.2.1	Análise das O.S.	40
4.2.2	Tempo médio de reparo e falhas	43
5	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

A manutenção é essencial na organização e produção, devido ao cenário industrializado e competitivo. Com a responsabilidade de garantir qualidade e funcionamento de equipamentos e instalações, a manutenção se destaca cada vez mais. A manutenção deve se manter de acordo com o cenário competitivo atual, se mostrando atualizada para que possa satisfazer a necessidade de produção e entregar o resultado esperado (XENOS, 1998).

A manutenção tem como foco em suas atividades, evitar e corrigir degradação de equipamentos, que são causadas pelo uso incorreto e pelo desgaste natural. Degradações podem causar perdas durante o processo em forma de desempenho ineficiente, parada da produção por quebra, desperdício de matéria prima, e outros fatores de acordo com o processo, essas manifestações interferem de forma negativa na qualidade do produto, prejudicando o funcionamento o numero da produção. Assim, é importante uma gestão de manutenção na busca de melhorias da produtividade, garantido que a empresa tenha maiores ganhos (XENOS, 1998).

Segundo Kardec e Nascif (2009, p. 9):

A Manutenção existe para que não haja manutenção; estamos falando da manutenção corretiva não planejada. Isto parece paradoxal à primeira vista, mas, numa visão mais aprofundada, vemos que o trabalho da manutenção está sendo enobrecido onde, cada vez mais, o pessoal da área precisa estar qualificado e equipado para evitar falhas e não para corrigi-las. (KARDEC E NASCIF, 2009, p. 9).

Como consequência do aumento de competitividade, as indústrias tem por obrigação estar sempre em dia com a manutenção, para que consiga entregar o máximo de produção. Essa, não pode somente reparar os equipamentos danificados, mas deve estar sempre voltada a resultados empresariais da organização. Como forma de diminuir, ou até mesmo evitar parada de produção não planejada, é necessário manter o equipamento em sua função disponível para operação (KARDEC E NASCIF, 2009).

Em grande parte das empresas principalmente nas pequenas, não se aplica essa logica de manutenção, tendo como pratica simplesmente reparar a quebra, sem preocupação de fazer um acompanhamento periódico e ajustes para garantir que o equipamento possa operar perfeitamente (KARDEC E NASCIF, 2009).

Nesse cenário, será apresentado um estudo sobre a implementação da manutenção planejada em uma indústria, mostrando como tem sido a implementação desse método de manutenção em uma parte do processo de uma empresa do setor sucroalcooleiro na região do Vale do São Patrício no estado de Goiás.

1.1 Objetivos

Realizar um estudo de caso acerca das concepções de manutenção, com a implementação da manutenção planejada, através de procedimentos realizados em bombas do setor de fabricação de álcool.

1.2 Objetivos específico

- Realizar estudo teórico sobre manutenção;
- Apresentar alguns dos métodos de manutenção;
- Diferir os métodos de manutenção utilizados;
- Demonstrar a importância da manutenção industrial;
- Comparar resultados obtidos com a implementação da manutenção;

1.3 Justificativa

Monchy (1987) garante que no cenário competitivo, a manutenção deve ser bem organizada, garantindo resolver problemas e entregar resultados com maior foco nas áreas estratégicas de produção. Muitas indústrias estão focadas em resultados de produção; com isso, a manutenção não recebe a atenção necessária, deixando de fazer com que a produção ganhe tempo e evite penalidades.

A indústria em questão é do ramo sucroalcooleiro, onde tem o etanol como produto final, o mesmo é um produto inflamável, com ponto de fulgor a 13°C e temperatura de 363°C para autoignição. Com isso o processo requer maior cuidado e atenção, não podendo haver

nenhuma forma de fagulha ou aquecimento excessivo. Sendo assim os equipamentos dessa área devem receber um acompanhamento de forma criteriosa para identificar falhas e planejar a manutenção antes que ocorra a quebra, evitar parada inesperada do processo, perda de produção, risco de acidentes para a equipe de manutenção ao executar uma atividade de reparo emergencial, reduzir riscos de quebra e vazamentos. Pois com a quebra, o equipamento pode sofrer aquecimento excessivo, aumentando a chance de gerar faíscas e acarretar um incêndio ou explosão. Além disso o vazamento do produto inflamável pode se espalhar pelo solo e canaletas, contaminando a natureza e correndo risco de encontrar alguma fonte de ignição (NOVACANA,2013-2020).

1.4 Problema de pesquisa

Quais os impactos e os riscos causados pela falta de manutenção planejada na empresa sucroalcooleira durante o processo de fabricação do etanol?

Em um processo de fabricação a falta de planejamento da manutenção pode refletir em diminuição da produção esperada, aumento do gasto com mão de obra, maior tempo de parada do equipamento e grandes perdas de rendimento do processo.

Os riscos da falta de planejamento da manutenção refletem na possibilidade de que a quebra gere um incêndio ou explosão, colaboradores sofram acidentes ou ocorra algum tipo de contaminação do meio ambiente causado por vazamentos (NOVACANA,2013-2020).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção

Segundo Monchy (1987), a manutenção é um fator crítico tanto na produtividade das empresas quanto na qualidade de seus produtos. É visto como um desafio industrial que exige a redistribuição das estruturas existentes e a criação de métodos adaptáveis a natureza dos materiais.

De forma restrita, Xenos (1998), explica que as atividades de manutenção se baseiam no retorno de um equipamento à sua condição original. O objetivo da manutenção é duplo: o primeiro é deixar o equipamento em sua condição original, e o segundo é modificar as condições originais para obter melhorias, diminuir custos e aumentar a produtividade.

A manutenção é fundamental para aumentar a disponibilidade do equipamento; como resultado, um bom plano de manutenção é essencial. Manutenção inadequada e longos tempos de manutenção aumentam as perdas de produção, perdas de mercado, e reduzem os lucros, faz com que a máquina não tenha o desempenho proposto pelo fabricante, entre outras consequências desfavoráveis (CAPETTI, 2005 apud MARQUES e RIBEIRO, 2012). A figura 1 apresenta resumidamente a evolução da manutenção:

Figura 1 - Evolução da Manutenção



Fonte: Adaptado de Marcelo Justa, 2010.

Com as informações apresentadas na figura 1 fica visível a importância e o crescimento da preocupação com a manutenção, visando sempre buscar o menor número de falhas e o maior rendimento e desempenho do equipamento (KARDEC E NASCIF, 2009).

2.2 Tipos de manutenção

A manutenção pode ser classificada em vários tipos, sendo a diferença a forma como o procedimento é realizado (Xenos, 1998). Serão abordados os seguintes tipos de manutenção;

Corretiva não-planejada;

Corretiva planejada;

Preventiva;

Preditiva;

Engenharia de Manutenção;

2.2.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é a forma mais antiga e primitiva de manutenção. Baseia-se em corrigir uma falha ou perda de rendimento de um equipamento, considera-se manutenção de emergência. Xenos (1998), observa que mesmo que a manutenção corretiva tenha sido escolhida por decisão gerencial, não pode simplesmente aceitar a ocorrência de falhas como um acontecimento normal, é fundamental fazer todos os esforços para identificar as causas raiz das falhas e bloqueá-las, evitando assim sua recorrência. Esse tipo de manutenção é dividido em duas partes: não-planejada e planejada.

Corretiva não-planejada atua quando ocorre uma falha de maneira aleatória, nesse tipo de manutenção não tem tempo de organizar, verificar disponibilidade de peças em estoque ou planejar. Esse tipo de manutenção é mais praticado do que deveria, atuando sobre um fato ou dano já ocorrido, sendo assim algo uma intervenção sem preparação de pessoal ou materiais sobressalentes (KARDEC e NASCIF, 2009).

Corretiva planejada também é uma correção de falha ou de um desempenho menor esperado, mas baseia-se na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção (KARDEC e NASCIF, 2009). Sendo assim é possível verificar disponibilidade de peças para garantir que o serviço seja feito de forma rápida, organizar o processo para fazer

a parada da melhor forma, visando reduzir o tempo de parada, realizar a manutenção antes que ocorra a quebra do equipamento, e evitando assim, danos maiores que os existentes.

2.2.2 Manutenção preventiva

É a manutenção que visa prevenir a ocorrência de falhas ou queda de desempenho, com a intervenção da manutenção ocorrendo em intervalos de tempo pré-determinados. A preventiva se difere da corretiva pelo fato de agir antes que haja ocorrências de falha.

Os benefícios do uso da manutenção preventiva quando comparada com à manutenção corretiva é destacado por Xenos (1998, p. 24):

(...) a frequência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Ou seja, se considerarmos o custo total, em várias situações a manutenção preventiva acaba sendo mais barata que a manutenção corretiva, pelo fato de se ter domínio das paradas dos equipamentos, ao invés de se ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos. (XENOS, 1998, p. 24).

A manutenção preventiva tem dois aspectos, onde o primeiro é a possibilidade de gerenciar as atividades, podendo prever o quanto de material será necessário e antecipar materiais em estoque para reposição, outro aspecto da manutenção preventiva é a retirada de equipamentos de seus locais de instalação para a realização das atividades planejadas. Como tal, é necessário considerar todos os fatores para que o uso deste método seja apropriado para a condição real dos equipamentos, sistemas ou plantas. É preciso entender a necessidade, o significado do equipamento no processo e como o processo funcionará após sua remoção (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.2.3 Manutenção preditiva

Manutenção que faz acompanhamento de variáveis e de desempenho de máquinas e equipamentos analisando o melhor momento para intervir, com o objetivo de atingir o máximo de atividade (OTANI e MACHADO, 2008 apud COSTA, 2013). Acompanhamentos realizado por técnicos utilizando aparelhos específicos para o correto diagnostico.

A manutenção preditiva tem seus objetivos, assim como explica Kardec e Nascif (2009, p. 45) ;

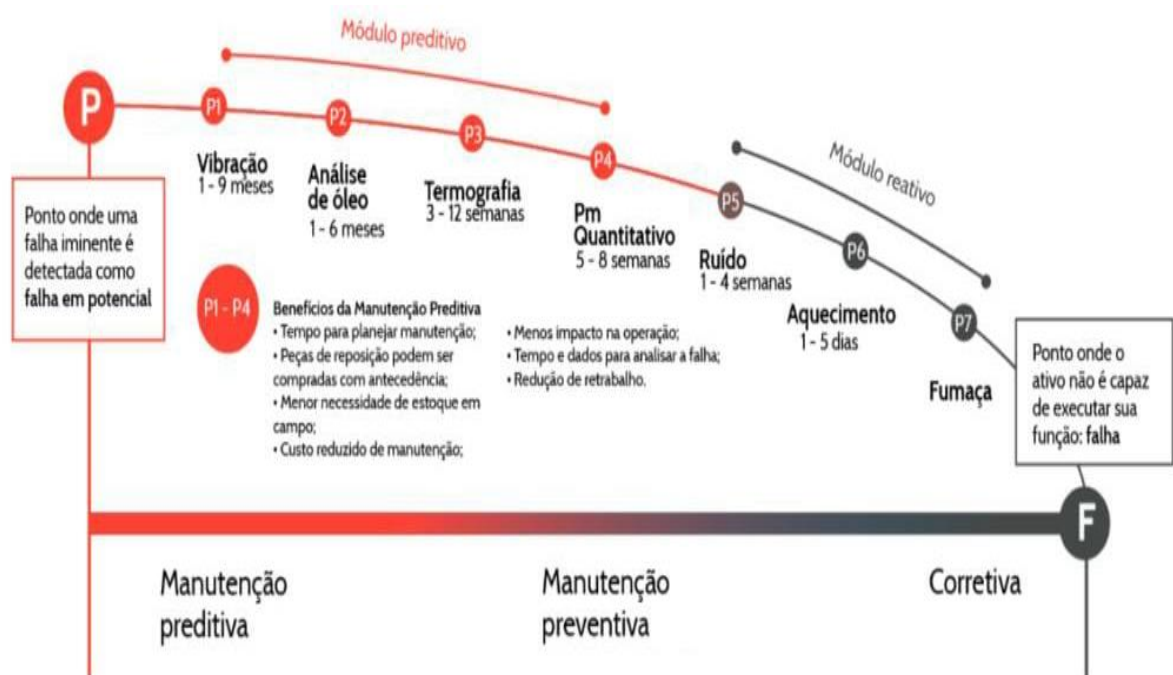
Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Na realidade, o termo associado à Manutenção Preventiva é o de predizer as condições dos equipamentos. Ou seja, a

Manutenção Preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo (KARDEC E NASCIF, 2009, p. 45).

Manutenção preditiva é baseada em parâmetros e variáveis críticas, sendo obedecidos limites impostos previamente, ao ter leituras aproximadas desses parâmetros, devem ser planejadas intervenções, para corrigir imediatamente uma falha iminente garantindo o perfeito funcionamento do equipamento. Quando uma detecção de anomalia é realizada de forma prematura, é possível diagnosticar uma falha antecipadamente, facilitando a execução de um plano de ação corretivo em pontos estratégicos compatível com o tipo de falha, evitando que o equipamento deixe de operar inesperadamente (TOAZZA e SELLITO, 2015)

Quando uma falha é detectada através da preditiva ela passa por algumas fases de evolução antes de chegar à falha, onde o equipamento deixa de executar sua função. Pode-se observar a evolução da falha na figura 2:

Figura 2 - Evolução da falha



Fonte: Adaptado de LKK- Engenharia para inovação 2018.

De acordo com a curva PF (Potential Failure) apresentada na figura 2, pode ser observada a evolução da falha em potencial. Evidenciando cada passo e a progressão até que chegue na falha funcional.

2.2.4 Engenharia da manutenção

O departamento de engenharia de manutenção busca a melhoria contínua, garantindo inovações na forma como a manutenção é realizada, tendo como base a manutenção preditiva. Kardec e Nascif (2009) afirma que a procura por estudos e melhorias na confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança; remoção de problemas recorrentes e resolução de problemas tecnológicos; organização de materiais para armazenamento e treinamento da equipe; dar apoio a realização do serviço e fazer análise de falhas; formar planos de manutenção, seguir números e tratar da documentação técnica fica por responsabilidade da engenharia de manutenção.

A figura 3 apresenta os tipos de manutenção e quais ações são geradas em cada uma delas.

Figura 3 - Tipos de Manutenção



Fonte: TROJAN apud Revista Manutenção, 2018.

De acordo com cada tipo de manutenção pode ser tomadas ações diferentes conforme as condições em que o equipamento se encontra.

2.3 Planejamento de controle de manutenção (PCM)

No serviço de manutenção, o planejamento é particularmente trabalhoso e delicado, porque o trabalho é variado e o senso de urgência é mais prevalente e tem maiores consequências do que na produção (MONCHY, 1987). O planejamento tem conhecimento e acesso de todo o sistema da empresa. Os problemas a serem resolvidos pelo PCM são:

- Dependência da produção (paradas de fabricação);
- Segurança (prazos das restrições);
- Acompanhamento dos trabalhos subcontratados, geralmente numerosos na manutenção;
- Suprimento das peças de reposição;
- Meios de manutenção especiais a tornar disponíveis;
- Triagem das urgências de intervenções corretivas.

O PCM é um instrumento de apoio para a manutenção. Viana (2006, p. 53) demonstra a importância das informações relacionadas ao desempenho da manutenção na gestão de um processo de fabricação, com o PCM mantendo um banco de dados atualizado e padronizado, a trajetória do equipamento pode ser acompanhada, sendo possível analisar com exatidão os projetos e sanar problemas que os cercam, permitindo fazer um estudo sobre fornecedores, melhorias e tomadas de decisões.

De acordo com Viana (2006, p. 163) os objetivos de um sistema de controle de manutenção são: organizar e criar padrões para realizar procedimentos dentro da manutenção; ser um facilitador de acesso a dados da manutenção; coordenar planos de manutenção preventiva, garantindo a emissão de tarefas em forma de ordens; fazer das informações sobre manutenção uma forma de aumento da produtividade; e gerar relatórios com histórico de equipamentos, apresentando como indicadores de manutenção.

A situação da manutenção da empresa deve ser estudada, fazendo uma comparação com suas necessidades, traçando o perfil do sistema de controle de manutenção mais adequado para o PCM em questão (VIANA, 2006).

2.3.1 Importância do plano de manutenção na indústria

O plano de manutenção é uma forma de programação ou agenda em que é determinado um roteiro de execução de manutenção, definindo quando e quem deve realizar

vistorias nos equipamentos. Método capaz de reduzir custos e elevar a produtividade. É importante para empresas de qualquer porte, pois tem influencia direta no tempo de inatividade de equipamentos e, conseqüentemente, na produtividade (MARTINS,2020).

Martins (2020), afirma que esse planejamento é tomado visando atuar de formato programado. Assim é possível evitar chegar em um ponto onde seja necessário realizar um reparo de defeito ou dano mais grave. O plano de manutenção é definido em alguns pontos principais, como:

- Prazos;
- Responsáveis;
- Atividade de checagem;
- Materiais ou ferramentas necessários.

Com essa organização, é possível aumentar o estado de conservação dos maquinários, garantindo o seu funcionamento correto, preservando a saúde tanto das pessoas que opera quanto das que fazem manutenção. Quando a empresa conta com um plano de manutenção elaborado, as falhas dos equipamentos tendem a diminuir. Afinal, são definidos prazos para que sejam analisados e, quando necessário ocorra intervenção da manutenção (MARTINS,2020).

Plano de manutenção é organizado em cinco passos fundamentais, de acordo com Martins (2020) esses passos são:

- Levantamento das informações;
- Criação de um checklist de manutenção;
- Verificação de custos;
- Treinamento da equipe;
- Acompanhamento dos indicadores.

2.3.2 Análise dos índices de manutenção e falhas em bomba centrifuga

A bomba centrifuga é um equipamento responsável por realizar a transferência de diversos fluidos de um ponto a outro dentro do processo de fabricação industrial. Seu funcionamento se dá através da transferência de energia centrifuga para os fluidos por meio de impulsores, rotores ou palhetas, onde essa energia gera uma pressão necessária na sucção produzindo um fluxo de bombeamento com alta vazão (NOBRE BOMBAS, 2022).

A Figura 4 a seguir mostra em corte os componentes de uma bomba centrífuga.

Figura 4 - Bomba Centrífuga em Corte.



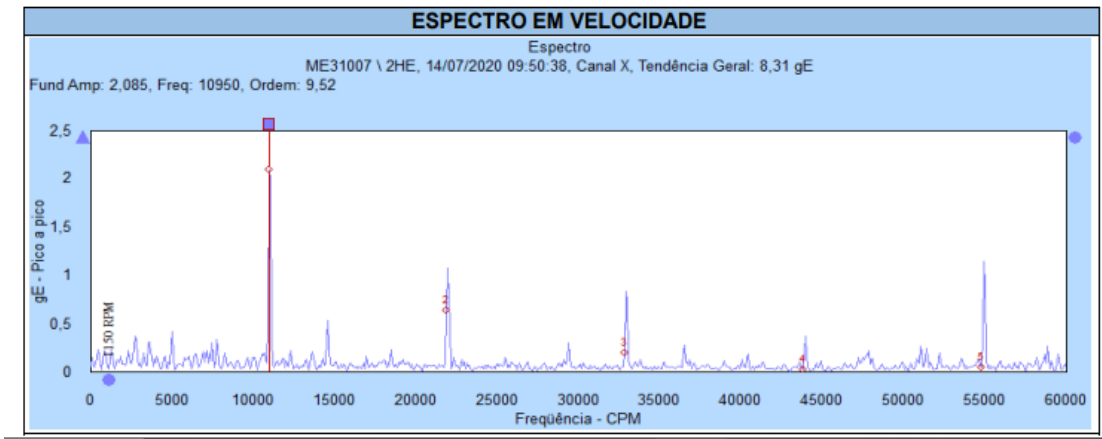
Fonte : Bombas Centrífugas, 2014.

Apesar de a figura parecer um equipamento simples é necessário ter atenção com a manutenção, tanto preventiva quanto corretiva (Mário, 2014).

A manutenção segue parâmetros, onde existem medidas para avaliar a vibração do equipamento. De acordo com CSA (2020) a amplitude de uma vibração é dada pelas seguintes medidas: D - deslocamento pico-a-pico, utilizado para medir movimento, estrutura ou rotor de uma máquina; V- velocidade de vibração, utilizado para identificar problemas no conjunto da máquina, como desalinhamento, desbalanceamento, folgas, etc.; A – aceleração de vibração zero a pico, onde é medida a condição dos rolamentos; E – envelope de aceleração – modulação pico-a-pico, utilizado para identificar a condição do rolamento, através de impactos causado por defeitos da pista e elementos, método altamente confiável para análise de rolamentos.

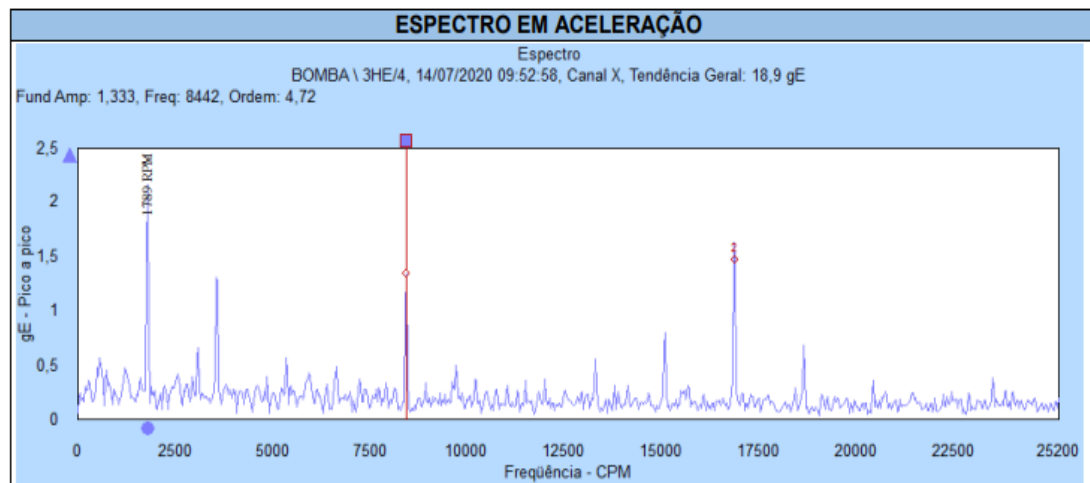
As figuras 5 e 6 abaixo apresenta como o equipamento de medição realiza as medidas e gera os espectros com as frequências obtidas durante no equipamento em operação.

Figura 5 - Espectro em Velocidade.



Fonte: Adaptado de Relatório Preditiva CSA,2020.

Figura 6 - Espectro em Aceleração.



Fonte: Adaptado de Relatório Preditiva CSA,2020.

Inicialmente os equipamentos são analisados de acordo com o banco de dados do software gerenciador, baseado em normas internacionais como ISO 10816-3, VDI 2372 e ISO 1940/1. CSA (2020) apresenta os níveis globais de vibração utilizados em Bombas e Motores elétricos, como mostra a figura 7:

Figura 7 - Níveis Globais de Vibração

Máquina	Valor RMS da velocidade de vibração (mm/s)			
	Bom	Aceitável	Alarme 1 (alerta) >	Alarme 2 (Intervir) >
Motor elétrico	Até 1,2	1,2 a 3,0	5,5	11,0
Bomba centrífuga	Até 1,2	1,2 a 3,0	5,5	11,0
Ventilador/Exaustor	Até 1,2	1,2 a 3,5	5,5	11,0

Fonte: Adaptado de Relatório Preditiva CSA,2020.

Após medições realizadas os valores RMS (Root Mean Square – Raiz Média Quadrática) são calculados pelo aparelho determinando em qual nível de vibração o equipamento se encontra, sendo assim possível decidir qual procedimento deverá ser realizado após o equipamento ter sido analisado.

As medidas e parâmetros de Envelope de Aceleração da SKF (Svenska Kullager Fabriken - Fábrica de Rolamentos Sueca) utilizam quatro filtros, utilizados de acordo com rotação e valores de alarme, CSA (2020) apresenta os filtros e quando são aplicados, como pode ser observado na figura 8:

Figura 8 - Filtros de Envelope de Aceleração da SKF

FILTRO	FAIXA DE ROTAÇÃO	FAIXA DE ANÁLISE	BANDA DE FREQ.	ALARME A1 [g]	FALHA A2 [g]
1	0 - 50 rpm	0 - 10 Hz	5 - 100 Hz	0.03	0.07
2	25- 500 rpm	0 - 100 Hz	50 - 1k Hz	0.3	0.7
3*	250- 5.000 rpm	0 - 1.000 Hz	500- 10k Hz	5	10
4	> 2500 rpm	0 - 10.000 Hz	5k - 40k Hz	30	70

Fonte: Adaptado de Relatório Preditiva CSA,2020.

Com os parâmetros de envelope SKF, a falha passa por análise para determinar como surge e evolui, buscando prever as consequências caso o equipamento sofra uma falha funcional. A análise de falha serve para buscar evitar que equipamentos sofram com falhas, descobrir o que causa e prevenir novas ocorrências (CSA,2020).

As ferramentas utilizadas por CSA (2020) para realizar essas medições é: SKF Microlog CMXA 70, utilizado na coleta de dados; o software de análise e gerenciamento é

SKF@ptitude Analyst; Analisador de Espectro Modelo CMXA 70 e Acelerômetro Modelo CMSS 2200.

A figura 9 mostra as ferramentas utilizadas para realizar as medições:

Figura 9 - SKF Microlog CMXA 70 com Acessórios



Fonte: Adaptado de Relatório Preditiva CSA,2020.

A análise de vibração detecta falhas que provoca vibração no equipamento, a inspeção é feita nos modos potenciais de falhas, de acordo com as características de cada uma, podendo ser desbalanceamento, folga, desalinhamento, lubrificação ou rolamentos (CSA,2020).

Após ser realizadas as medições, os equipamentos que apresentam alarme 2 passa por intervenção, onde é realizada a correção da falha acompanhada por uma análise de falhas, como forma de identificar e fazer uma avaliação de riscos que possam culminar em erros dentro do processo analisado. Tem como finalidade identificar a chance de ocorrer algo não planejado, evitando ao máximo problemas inesperados (FOCOERP, 2018).

É verificado cada ponto ocorrido durante a falha, alguns deles são: o que falhou, onde ocorreu a falha, quando ocorreu e qual a gravidade do problema. A análise de falha consiste em descobrir o problema na raiz, buscando assim alguma forma de corrigir e evitar reincidência ou outro tipo de falha (FOCOERP, 2018).

Na construção de uma análise de falha deve ser usada uma metodologia chamada “cinco porquês”, a qual consiste em perguntar “por quê”, onde a resposta irá servir como base para a pergunta seguinte. Existem algumas formas de se fazer uma análise de falha, tais como: Diagrama de Ishikawa/Espinha de peixe; Árvore Lógica das Falhas e Diagrama de Pareto. (FOCOERP, 2018).

3 METODOLOGIA

De acordo com Gil (1996), a pesquisa científica refere-se a um conjunto de ações que tem por finalidade principal resolver problemas sugeridos através de procedimentos coerentes e rigorosos, onde não se tenha informações suficientes para obter o resultado.

Buscando entender a totalidade de uma situação e interpretar os casos no contexto real, utilizou como estratégia metodológica o estudo de caso, este é baseado em questões fundamentais que apresentam o porquê da investigação.

3.1 Tipos de pesquisa

O trabalho utiliza uma pesquisa explicativa, pois o estudo de caso abordado já é algo utilizado na realidade da empresa. Esse tipo de pesquisa é aquele que têm como preocupação identificar os fatores que determinam ou que colaboram para a ocorrência dos fenômenos. A pesquisa explicativa é o tipo de pesquisa que expande nossa compreensão da realidade, explicando por que as coisas acontecem da maneira que acontecem (GIL, 2008).

3.2 Estudo de caso

Estudo de caso consiste em um estudo intenso e cansativo de poucos objetos, buscando obter conhecimento amplo e detalhado, atividade considerada quase impossível mediante as outras formas de concepções. É um estudo empírico que examina um fenômeno atual dentro de seu contexto, onde os limites entre o fenômeno e seu contexto não são claramente definidos, e são utilizadas várias fontes de evidência (GIL, 2008).

O uso do estudo de caso pelos pesquisadores sociais esta cada vez mais frequente, buscando servir a pesquisa das seguintes formas (GIL, 2008):

- Explorando situações da vida real cujos limites não estão definidos de forma clara;
- Apresentar a situação do contexto em que a investigação está sendo realizada; _
- Determinar as variáveis que causam um fenômeno específico em situações complexas que impossibilitam o uso de testes e experimentos.

3.3 Objeto de estudo

O local do estudo de caso aconteceu em uma indústria do setor sucroalcooleiro na região do Vale do São Patrício no estado de Goiás, tendo como atividades a fabricação de açúcar, fabricação de etanol, fabricação de levedura e a cogeração de energia. O trabalho teve como foco o setor de produção do etanol, juntamente com manutenção, operação e PCM. O trabalho mostrará como foram os resultados obtidos pela empresa com a implementação da manutenção planejada.

3.4 Coleta e interpretação de dados

Para realizar a coleta de dados deve ser feito vários processos diferentes para garantir precisão e confiabilidade nos resultados, de acordo com Gil (1996), a variedades de procedimentos na coleta de dados confere imparcialidade ao estudo, devido os resultados obtidos serem oriundos de convergência ou divergência dos dados coletados de diferentes instrumentos de pesquisa.

De acordo com esses procedimentos podemos apresentar como foram coletados os dados desse estudo:

- Análise de documentos fornecidos pela manutenção/PCM;
- Relatórios elaborados por empresa prestadora de serviços.

Os dados coletados foram do mês de julho, de três anos consecutivos, a escolha desse mês ocorreu devido ser considerado o mês onde há um crescimento nos números de falhas e quebras. A causa desse crescimento é os desgastes ocasionados pelo longo período de operação dos equipamentos, onde os componentes já estão comprometidos.

Para a apresentação e interpretação dos dados serão utilizados os controles fornecidos pelo PCM, colocando em forma de tabelas e gráficos juntamente com alguns índices de manutenção. Para se calcular o TMDR (Tempo médio de reparo) aplicou-se a equação 1, utilizando a somatória de HCI (Horas Consumidas por Intervenções) dividida pela somatória de NI (Número de Intervenções) (ROSA, 2006).

$$TMDR = \frac{\sum(HCI)}{\sum(NI)} \quad (1)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta parte do trabalho apresenta dados e resultados obtidos durante o estudo. A organização dos dados e informações foram feitas seguindo a sequência de implementação da manutenção na empresa onde foi realizado o estudo.

4.1 Processo de implementação do PCM na empresa

O PCM industrial já era utilizado na manutenção, no entanto era de uma forma discreta e não tão atuante, interferindo somente no básico. Após se dar início a implementação, a manutenção planejada passou a ser atuante, controlando notas de melhoria, ordens de serviços, controle de reposição de peças necessárias, rotas e programações semanais.

No decorrer da implementação o PCM se tornou peça chave para manter em ordem a manutenção, assegurando que os equipamentos estejam sempre de acordo com suas características ideais de funcionamento, através de intervenções mecânicas e melhoria constante sugerida pela Engenharia de Manutenção. A mudança foi considerada um desafio, pois foi necessário reorganizar todo o sistema, e apresentar esse novo método para responsáveis e profissionais da manutenção.

A figura 10 mostra um fluxograma do que antes era feito quando o equipamento deixava de realizar sua função, seguindo um único plano de ação corretiva não planejada com urgência.

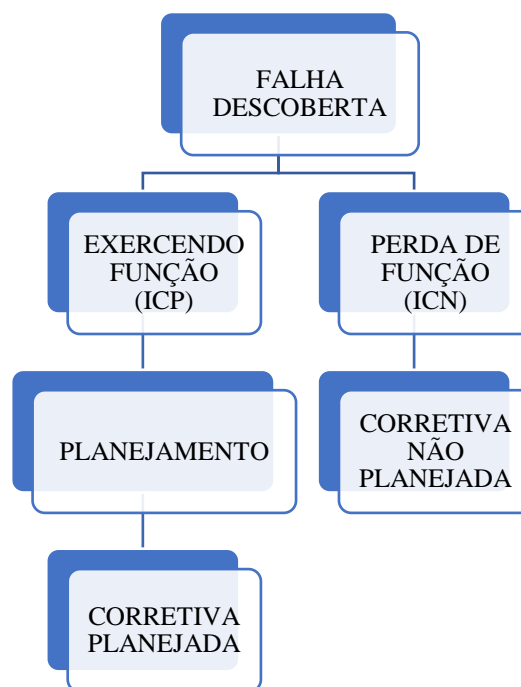
Figura 10 - Hierarquia de manutenção corretiva não planejada



Fonte: Autor, 2021.

Com a implementação a falha recebeu duas formas de ser tratada, onde se prioriza a forma corretiva planejada, antes que ocorra a falha total e a parada do equipamento. Como forma de controle as ordens de serviço (O.S.) receberam identificação, sendo ICN (Intervenção Corretiva Não Planejada) ou ICP (Intervenção Corretiva Planejada). Onde ICN representa quebras com perda de função, ou seja, o equipamento deixa de exercer a função para qual foi projetado. As ordens ICP significa que o equipamento ainda consegue operar de acordo para que foi projetado mesmo apresentando falhas, sendo assim, possível planejar antes de realizar a correção. Após a falha ser descoberta ao invés de uma passou a existir duas formas para corrigi-las como demonstrado na figura 11 a seguir:

Figura 11 - Hierarquia de manutenção corretiva planejada



Fonte: Autor, 2021.

Com a descoberta da falha, existem duas formas de ação como apresentado na figura 11, deve ser realizada uma análise preliminar identificando se apresenta uma falha ICP ou ICN, se for identificado como ICP o PCM passa a ser responsável pelo planejamento e programação da atividade, caso seja ICN a equipe de manutenção já entra em ação de forma instantânea.

O PCM se encarrega de planejar semanalmente, programar e distribuir as atividades entre os executantes, verificando possibilidade de paradas para reparo, tempo médio previsto

da intervenção, disponibilidade de peças e componentes mecânicos. Assegurando assim uma atividade eficaz, com menor tempo de parada, buscando não afetar o processo e garantindo segurança da equipe.

4.1.1 Inspeção e Relatórios

O setor estudado conta com rota de inspeção semanal realizada pela equipe de manutenção interna, onde são analisados ruídos, vibrações, aquecimento excessivo, vazamentos em retentores, vazamentos em selos mecânicos e gaxetas. Durante a rota o profissional utiliza termômetro digital, para realizar medidas de temperatura, utiliza também analisador de vibração para identificar vibrações anormais nos equipamentos. Com o resultado de rotas semanais a equipe de manutenção intensifica a observação do equipamento de forma periódica, aguardando planejamento semanal do PCM e caso necessário realizar a correção antes mesmo de sair o planejamento evitando um dano maior no equipamento.

Os equipamentos também recebem inspeção mensal, realizada por profissional técnico prestador de serviços externo, onde é realizada uma medição completa de rolamentos e vibrações, emitindo relatórios com parâmetros ideais, apresentando qualquer alteração de funcionamento do equipamento. O relatório contém orientações a ser seguida, isso de acordo com a leitura feita pelo dispositivo de medição. A tabela 1 apresenta a condição e a orientação que deve ser seguida:

Tabela 1 - Status Para Equipamento Monitorado

Status do equipamento	Condição do equipamento-análise
Equipamentos sem problemas (OK)	Equipamentos em condições normais de vibração respeitando parâmetros recomendados de funcionamento.
Atenção (Alarme 1)	Monitorar - Defeito identificado prematuramente, manter sob observação periódica com correção planejada.
Intervir (Alarme 2)	Intervir – Equipamento apresentando falha eminente, correção deve ocorrer imediatamente.

Fonte: Autor, 2021.

De acordo com o resultado obtido na análise os equipamentos recebem um diagnóstico, como mostrado na imagem anterior o resultado se divide em três, no primeiro o equipamento está dentro do padrão de funcionamento, quando apresenta alarme 1 que é o segundo caso ele deve ficar em observação e entrar no planejamento, o alarme 2 indica que o

equipamento está em estado crítico e deve intervir imediatamente não sendo possível aguardar pelo planejamento, pois já oferece risco com seu funcionamento fora de padrão.

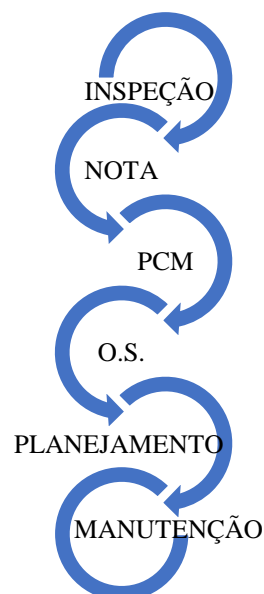
Após envio de relatório cabe ao PCM definir e programar a solução do problema e normalizar o equipamento, seguindo orientações do profissional técnico e dando prioridade para equipamentos em situação crítica.

4.1.2 Estrutura organizacional

A estrutura começa com rotas de inspeção realizada em campo, verificando as condições do equipamento e possíveis anomalias. Caso seja encontrada alguma anomalia deve ser criada uma nota, procedimento feito pelo profissional que realizou a rota, através de um dispositivo móvel adequado para isso, utilizando o sistema SAP (*System Applications and Products in Data Processing*). Após abertura da nota o PCM fica responsável por gerar O.S. e planejar a ação a ser realizada, de acordo com a prioridade e disponibilidade de peças para reposição.

Com o planejamento já realizado, cabe à manutenção fazer o reparo seguindo protocolos de segurança e garantindo o correto funcionamento do equipamento. Dentro da manutenção também existe responsáveis pela programação e planejamento, isso ocorre para que as tarefas sejam bem distribuídas entre a equipe. A figura 12 apresenta a estrutura organizacional de forma hierárquica:

Figura 12 - Hierarquia da Estrutura Organizacional



Fonte: Autor, 2021.

Como apresentado na figura 12, a hierarquia une equipe de manutenção e PCM, buscando de forma organizada identificar, tratar, planejar e realizar o reparo do equipamento. Após ter sido realizada a manutenção e o equipamento ter retornado a operar, é feito um acompanhamento e medições, verificando se o mesmo se encontra com padrões de vibrações e funcionamento normal. Assegurando assim qualidade na operação.

4.1.3 Análise de falhas

Com a implementação da manutenção planejada também foi adotado o uso de análise de falha, onde é realizada uma perícia no equipamento que falhou, para que o mesmo seja corrigido de forma correta garantindo seu funcionamento ideal.

O processo de análise de falha da empresa é feito de forma manual pelo profissional que realizou o reparo do equipamento, o PCM é responsável por fornecer e recolher semanalmente a ficha de análise de falha. Quando um equipamento falha e deixa de exercer sua função, obrigatoriamente deve ser realizada uma análise.

Quando uma O.S. é criada, a mesma é identificada como ICN ou ICP, onde todas as ICN devem receber uma análise de falha, apresentando local de instalação, componente que falhou, porque ocorreu a falha, como foi solucionada, possibilidade de ocorrer novamente e sugestão de melhoria, caso seja necessário. O PCM juntamente com a equipe de engenharia de manutenção fica responsável por tratar e realizar projetos de acordo com a sugestão de melhoria proposta pelo profissional de manutenção e recursos oferecidos pela planta industrial.

A análise de falha é utilizada para realizar um estudo aprofundado no equipamento unindo teoria e prática, visando identificar a causa raiz do problema de forma a evitar reincidência ou até mesmo algum outro dano possível, garantindo que o equipamento opere de acordo para que foi projetado.

Ao realizar uma análise de falha devem ser observados todos os componentes do equipamento com atenção e com cautela, buscando encontrar falhas em todo o conjunto, evitando assim falhas inesperadas logo após a correção do evento que apresentou falha funcional.

A análise de falha deve ser realizada de forma detalhada e completa, apresentando todos os detalhes que foram identificados durante a perícia técnica. A análise de falha foi

inserida na manutenção como forma de controle e prevenção, visando sempre garantir uma boa manutenção e uma melhoria constante de equipamentos e instalações.

4.2 Análise dos indicadores

A manutenção corretiva planejada teve sua implementação na indústria no ano de 2020, onde enfrentou desafios com formas de organização e realização de serviços. O mês escolhido para ser abordado no trabalho foi julho, pelo fato dos equipamentos apresentarem desgastes por tempo de operação. O setor de fabricação de etanol conta com 43 bombas do tipo centrífuga, sendo todas essenciais para o processo.

A tabela 2 apresenta em forma de O.S. as intervenções realizadas no mês de julho do ano de 2019, antes da implementação:

Tabela 2 - O.S. mês de julho 2019

O.S.	SERVIÇO REALIZADO	DENOMINAÇÃO
4187125	Fazer manutenção	Bomba álcool de segunda
4186946	Substituir bomba	Bomba 02 Dorna 2A
4186821	Manutenção bomba	Bomba dorna 1A
4186528	Revisar bomba	Bomba 01 vinho
4186531	Sanar vazamento no selo	Bomba 02 vinhaça
4186386	Revisar Bomba	Bomba 02 vinhaça
4186254	Substituir acoplamento	Bomba coluna C aparelho 02
4186154	Revisar Bomba	Bomba coluna C aparelho 02
4185469	Revisar Bomba	Bomba aparelho 02
4185470	Revisar Bomba	Bomba aparelho 01
4184898	Sanar vazamento selo	Bomba dorna 4B
4184409	Substituir acoplamento	Bomba 02 vinhaça

Fonte: Autor, 2021.

Na tabela 3, foram apresentadas as ordens e os respectivos serviços realizados nos equipamentos, como ainda não havia sido implementada a manutenção corretiva planejada, todos os equipamentos tiveram que receber intervenção de urgência, devido não ter um controle de planejamento, portanto era realizado manutenção corretiva não planejada.

No mês de julho do ano de 2020 já existia a separação de ordens ICN e ICP, onde as ordens ICP passaram a serem utilizadas para planejamento. A tabela 3 a seguir mostra as ordens ICN após implementação:

Tabela 3 - Ordens ICN safra 2020

O.S.	SERVIÇO REALIZADO	DENOMINAÇÃO	TIPO DE ORDEM
4233009	Substituir bomba recirculação	Bomba 01 dorna FD	ICN
4232787	Revisar bomba	Bomba 01 dorna FD	ICN
4232835	Substituir gaxeta	Bomba 02 dorna FD	ICN
4232696	Revisar bomba	Bomba 02 dorna volante	ICN
4230537	Revisar bomba	Bomba dispersante	ICN
4230742	Alinhar bomba	Bomba coluna C	ICN
4230743	Alinhar bomba	Bomba 01 aparelho 03	ICN
4229864	Destruir prisioneiro e substituir gaxeta	Bomba 03 torre de fibra	ICN

Fonte: Autor, 2021.

Os dados apresentados na tabela 3 são referentes a manutenção corretiva não planejada, pois os equipamentos não apresentavam condições ideais de operação, sendo assim necessário intervir imediatamente. Com esse tipo de intervenção as falhas inesperadas causavam prejuízos devido ao grande tempo de parada do equipamento.

No mesmo período já estava acontecendo o planejamento da manutenção, fazendo uso das ordens ICP mostradas na tabela 4:

Tabela 4 - Ordens ICP safra 2020

O.S.	SERVIÇO REALIZADO	DENOMINAÇÃO	TIPO DE ORDEM
4231863	Substituir gaxeta	Bomba 02 dorna FD	ICP
4231864	Verificar bomba refluxo	Bomba 01 aparelho 3	ICP
4230366	Vazamento retentor	Bomba dorna 1A	ICP
4230373	Vazamento no selo	Bomba dorna 1A	ICP
4230365	Vazamento retentor	Bomba dorna 1B	ICP
4230370	Vazamento no selo	Bomba 02 dorna 2B	ICP

4229230	Vazamento no selo	Bomba 02 dorna 2A	ICP
4229226	Vazamento no selo	Bomba dorna 3A	ICP
4229227	Vazamento no selo	Bomba dorna 4A	ICP
4229236	Óleo contaminado	Bomba 01 dorna FD	ICP
4229238	Vazamento retentor	Bomba dorna 4B	ICP
4229233	Vazamento no selo	Bomba de condensado	ICP

Fonte: Autor, 2021.

Após ter sido criada as ordens ICP do mês de julho de 2020, foram realizados os planejamentos da manutenção, buscando por material de reposição, melhor momento para realizar a correção e determinando o técnico responsável para realizar a correção da falha com menor tempo de parada como planejada.

No segundo ano de implementação, decorrer da safra 2021 foram geradas as ordens ICN mostradas na tabela a seguir:

Tabela 5 - Ordens ICN 2021

O.S.	SERVIÇO REALIZADO	DENOMINAÇÃO	TIPO DE ORDEM
4286924	Limpar rotor	Bomba 01 aparelho 01	ICN
4286518	Substituir acoplamento	Bomba 02 dorna volante	ICN
4284750	Substituir acoplamento	Bomba álcool de segunda	ICN

Fonte: Autor, 2021.

As ordens ICP desse mesmo período do ano de 2021 estão apresentadas na tabela 6.

Tabela 6 - Ordens ICP safra 2021

O.S.	SERVIÇO REALIZADO	DENOMINAÇÃO	TIPO DE ORDEM
4287046	Ajustar gaxeta	Bomba limpeza das dornas	ICP
4287003	Revisar bomba	Bomba antiespumante	ICP
4286926	Inspecionar bomba	Bomba coluna P aparelho 01	ICP
4284821	Montar acoplamento	Bomba de bresnnsolve	ICP
4284858	Revisar bomba	Bomba de bresnnsolve	ICP
4282219	Parafuso quebrado	Bomba 03 flegmassa	ICP

4282057

Revisar bomba

Bomba 02 dorna FD

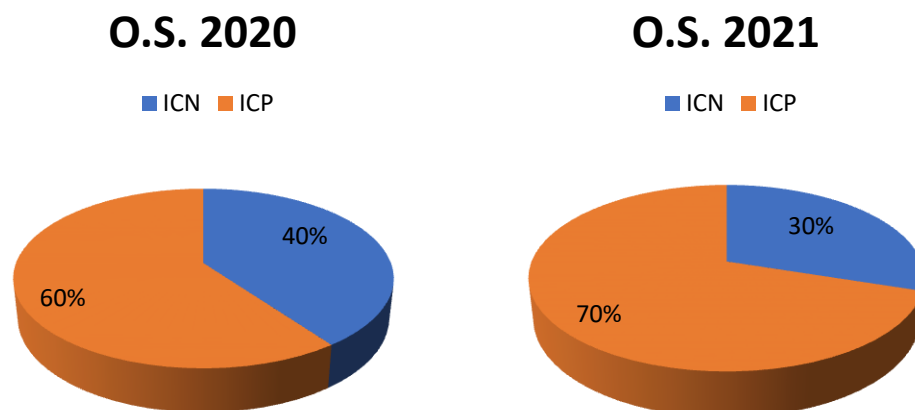
ICP

Fonte: Autor, 2021.

De acordo com as tabelas apresentadas, após a implementação houve um aumento de ordens ICP, onde é realizada a manutenção corretiva planejada, de forma a evitar quebras e longas paradas, aguardando peças de reposição ou mão de obra. As ordens ICN sofreram uma redução considerável 8 em 2020 para 3 em 2021, o que é considerado bom, pois com a redução de ICN automaticamente se reduz o número de quebras inesperadas e perda de produção.

Na figura 13 a seguir são apresentadas as porcentagens de cada tipo de O.S. dos dois anos de implementação:

Figura 13 - Porcentagem de ordens ICN e ICP 2020/2021



Fonte: Autor, 2021.

A figura 13, mostra as ordens ICN e ICP do mês de julho dos anos de 2020 e 2021, desde que ocorreu a implementação, no primeiro ano o número de intervenções foram 20, já no segundo ano de implementação (2021) o número de intervenções necessárias ficaram em 10, sendo assim houve uma redução geral de 50% nas intervenções. De acordo com os dados houve uma queda de 62,5% nas ordens ICN garantindo assim uma vantagem com a implementação, pois com o crescimento de ordens ICP a empresa pode contar com o planejamento para garantir a manutenção de seus equipamentos antes da falha total, reduzindo perdas e conseguindo maior desempenho na produção.

4.2.1 Análise das O.S.

Para criar uma O.S. são necessárias algumas informações, como o serviço a ser realizado, equipamentos que irá receber o serviço e tempo de duração da atividade a ser realizada. Isso é necessário para que haja um controle de atividades e tempo de equipamentos parados.

O PCM faz todo controle de ordens, incluindo duração do serviço a ser realizado, como apresentado na tabela 7:

Tabela 7 - Tempo de duração de serviço por O.S. 2019.

O.S.	TEMPO DE DURAÇÃO DO SERVIÇO (HORAS)
4187125	2
4186946	6
4186821	10
4186528	8
4186531	3
4186386	8
4186254	2
4186154	2
4185469	2
4185470	2
4184898	1
4184409	2
TOTAL DE HORAS	48

Fonte: Autor, 2021.

A tabela apresenta o tempo de realização para cada atividade do ano de 2019, antes da implementação da manutenção corretiva planejada, onde o equipamento perdia totalmente sua capacidade de operação.

A partir do ano de 2020 quando ocorreu a implementação as ordens passaram a serem controladas separadamente como dito anteriormente, mas ainda continuou recebendo a quantidade de horas de duração para cada atividade.

A tabela 8 a seguir apresenta as horas por atividade corretiva não planejada (ICN), onde a manutenção ocorreu de forma emergencial:

Tabela 8 - Tempo de duração de serviço por ordens ICN 2020.

O.S.	TEMPO DE DURAÇÃO DO SERVIÇO (HORAS)
4233009	4
4232787	4
4232835	1
4232696	4
4230537	6
4230742	3
4230743	3
4229864	2
TOTAL DE HORAS	27

Fonte: Autor, 2021.

As ordens ICN apresentadas na tabela 8, representam os equipamentos que passaram por manutenção corretiva não planejada no mês de julho do ano de 2020.

A tabela 9, apresenta a duração de ordens ICP no primeiro ano de implementação:

Tabela 9 - Tempo de duração de serviço por ordens ICP 2020.

O.S.	TEMPO DE DURAÇÃO DO SERVIÇO (HORAS)
4231863	2
4231864	3
4230366	6
4230373	6
4230365	3
4230370	6
4229230	3
4229226	4
4229227	4
4229236	1
4229238	3

4229233	2
TOTAL DE HORAS	43

Fonte: Autor, 2021.

As horas de atividade ICP apresentadas na tabela 9 são paradas dos equipamentos com programação, onde manutenção e operação escolhem o melhor momento visando não atrapalhar o processo.

Em 2021 houve redução em ordens ICN, como apresentado na tabela 10:

Tabela 10 - Tempo de duração de serviço por ordens ICN 2021.

O.S.	TEMPO DE DURAÇÃO DO SERVIÇO (HORAS)
4286924	3
4286518	5
4284750	5
TOTAL DE HORAS	13

Fonte: Autor, 2021.

Com a implementação o que antes era tudo ICN passou a ser dividido em ICN e/ou ICP.

A tabela 11 abaixo mostra horas de atividades ICP realizadas durante o mês de julho de 2021, com segundo ano de implementação:

Tabela 11 - Tempo de duração de serviço por ordens ICP 2021.

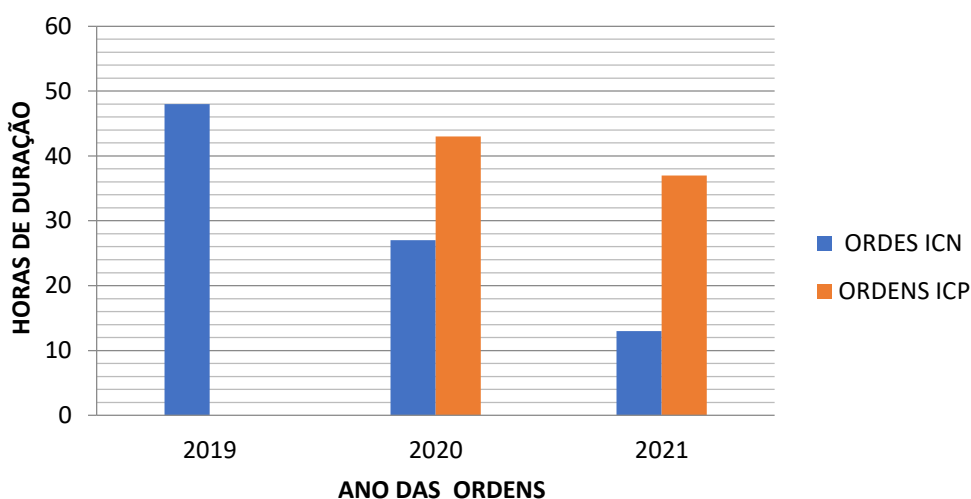
O.S.	TEMPO DE DURAÇÃO DO SERVIÇO (HORAS)
4287046	1
4287003	16
4286926	2
4284821	4
4284858	6
4282219	4
4282057	4
TOTAL DE HORAS	37

Fonte: Autor, 2021.

De acordo com as condições dos equipamentos e instalações as horas de atividades podem variar tanto para mais quanto para menos, a manutenção planejada faz um controle considerando uma margem de erro, para que o equipamento não fique muito tempo parado além do necessário. Na manutenção ICN as atividades não recebem um controle de tempo pela manutenção o que pode gerar atraso e perda de produção.

A figura 14 apresenta em forma de gráfico o tempo de duração das atividades de manutenção durante os três anos abordados no trabalho, sendo o ano de 2019 antes da implementação e os anos de 2020 e 2021 com a implementação:

Figura 14 - Gráfico com horas de paradas por tipo de O.S.



Fonte: Autor, 2021.

O crescimento de horas paradas dos equipamentos com ordens ICP apresentado na figura 14, significa que o tempo gasto com paradas por perda de função de equipamentos reduziu em 15,66%, sendo assim possível planejar a manutenção corretiva e realizar uma programação do serviço, essa redução se dá com a implementação a partir do ano de 2020, pois como visto na figura no ano de 2019 todas as ordens eram ICN, ou seja a manutenção era realizada somente de forma emergencial.

4.2.2 Tempo médio de reparo e falhas

O PCM faz o controle de ordens estipulando hora de duração da atividade, com essa informação é realizado o cálculo de TMDR, para obter o tempo médio de parada para reparo dos equipamentos de acordo com o tipo de atividade realizada.

Aplicando a equação 1, nas ordens de 2019 antes da implementação:

$$\text{TMDR} = \frac{48}{12} = 4 \text{ horas}$$

Para as ordens ICN no ano de 2020 o tempo médio foi de:

$$\text{TMDR} = \frac{27}{8} = 3,38 \text{ horas}$$

Ordens ICP ano de 2020:

$$\text{TMDR} = \frac{43}{12} = 3,58 \text{ horas}$$

Ano de 2021 ordens ICN:

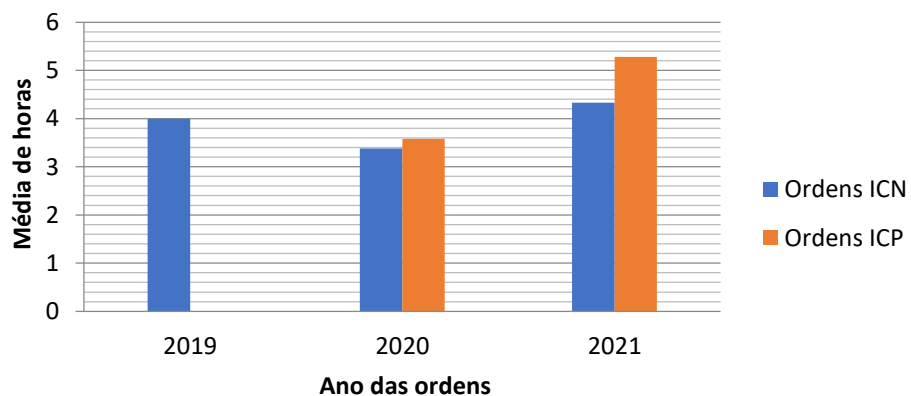
$$\text{TMDR} = \frac{13}{3} = 4,33 \text{ horas}$$

Ordens ICP 2021:

$$\text{TMDR} = \frac{37}{7} = 5,28 \text{ horas}$$

A figura 15 a seguir apresenta a organização gráfica com as médias de horas para os três anos abordados:

Figura 15 - Média das horas de paradas por tipo de O.S.

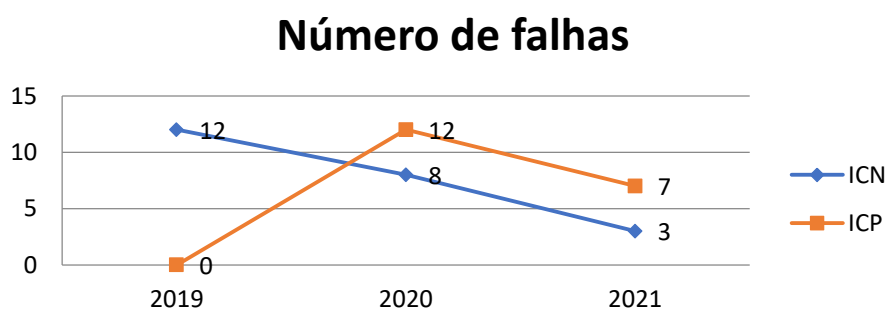


Fonte: Autor, 2021.

Em 2021 houve um aumento na demanda de produção, o que gerou um desgaste maior para os equipamentos, aumentando assim os números de falhas, mesmo com esse aumento de falha dos equipamentos pode se observar de acordo com os dados obtidos através do estudo, as ordens ICN tiveram uma redução de 3,52% na média de horas paradas quando comparadas com as ordens ICP, sendo assim os equipamentos apresentaram um número menor de falhas totais. As ordens ICP aumentou seu número de atividades, mostrando assim que a manutenção corretiva planejada está atuando mais do que a corretiva não planejada, ou seja, os equipamentos estão recebendo intervenções antes da perda total de função, as intervenções estão ocorrendo antes que o equipamento quebre e fique inoperante, garantindo assim uma maior disponibilidade do equipamento e um menor tempo de manutenção.

A figura 16 abaixo apresenta de forma gráfica a quantidade de falhas ICN, dos três anos consecutivos:

Figura 16 - Número de falhas por tipo de ordem.



Fonte: Autor, 2021.

O gráfico apresentado na figura 16 mostra o número de falhas por tipo de manutenção utilizado, onde as falhas ICN sofreram queda de 75%, significando que houve diminuição na quantidade de falhas total dos equipamentos, o que garante para o processo uma maior disponibilidade de equipamentos, podendo assim trabalhar com maior número de produção. E o número de atividades ICP permaneceu crescente em relação ao ICN, onde as ordens ICP no ano de 2021 foram 70% das atividades.

5 CONCLUSÃO

Os dados de manutenção obtidos sobre a implementação de manutenção corretiva planejada para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, proporcionou analisar e obter números sobre a importância da manutenção de acordo com os índices de manutenção encontrados na literatura.

O estudo realizado apresentou evolução satisfatória com a implementação, onde as falhas ICN sofreram uma queda de 75% já no segundo ano de implementação, garantindo assim um processo com menor chance de paradas inesperadas, onde a intervenção seria de urgência sem planejamento.

Pode-se concluir que os resultados obtidos atingiram as expectativas, de forma a diminuir o número de falha total dos equipamentos e aumentar a quantidade de intervenções corretiva planejada, no ano de 2021 somente 30% das intervenções ocorreram de forma emergencial sendo assim a manutenção corretiva planejada realizou 70% das intervenções necessárias, reduzindo o tempo médio de parada do processo em 3,52% para realização de correção não planejada causada por quebra de equipamentos. Do primeiro para o segundo ano de implementação houve uma queda de 50% no número de intervenções necessárias, o que contribuiu com a satisfação do método adotado.

O serviço de manutenção por sua vez tem um alto custo para se manter com qualidade, com os dados obtidos não foi possível mensurar o lucro ou gasto da empresa com a implementação da manutenção planejada. Sendo assim fica como proposta para trabalhos futuros a verificação de valores para se manter uma manutenção garantindo o perfeito funcionamento dos equipamentos, de acordo para que foram projetados.

De acordo com a justificativa desse trabalho pode-se afirmar que a manutenção deve sim ser bem estruturada, para que possa garantir espaço no atual cenário industrial competitivo, onde as empresas querem maior rendimento na produção e lucratividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Documento Nacional de Manutenção: **A Situação da manutenção no Brasil**. Salvador, 2013

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da Manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: https://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf / Acesso em 1 out. 2021.

CSA Preditiva. **Relatório de Análise de Vibração**. 2020.

FOCOERP. **Análise de Falhas: o que é e qual a importância na indústria?**. 2018. Disponível em: <https://www.foccoerp.com.br/gestao-industrial/analise-de-falhas/> Acesso em 10 nov. 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 1996. 158 p.

Gil, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social** / Antonio Carlos Gil. - 6. ed. - São Paulo : Atlas, 2008.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

LKK- **Engenharia Para Inovação**. Disponível em: <https://ilk.com.br/conheca-as-vantagens-da-manutencao-preditiva-no-monitoramento-e-inspecao-de-equipamentos-instrumentos-e-processos/>. Acesso em 01 out. 2021.

MARCELO, Justa. **Manutenção Produtiva Total –MPT**. 2010. Disponível em ; <http://marcelojusta.blogspot.com/2010/09/26-manutencao-produtiva-total-mpt.html>. Acesso em : 10 maio, 2022.

MARQUES, Ramiro Queirolo; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Criação de um Plano de Manutenção para o Equipamento Torno Descascadeira Utilizando Conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Manutenção Produtiva Total (MPT)**. 2012. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65664/000858032.pdf?sequence=1>> Acesso em 1 out. 2021.

MARTINS, Estêfania. **Plano de manutenção: O que é plano de manutenção e como criar um na minha empresa?**. 2020. Disponível em: <https://blog-pt.checklistfacil.com/plano-de-manutencao/> Acesso em 25 out. 2021.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p.

NOBRE BOMBAS. **Bomba Centrífuga Industrial** . 2022. Disponível em ; <https://www.nobrebombas.com.br/bomba-centrifuga-industrial> . Acesso em : 10 maio, 2022.

MÁRIO, Silva. **Bombas Centrífugas** . 2014. Disponível em ; <http://mariosilvatecnicoindustrial.blogspot.com/2014/03/bombas-centrifugas.html>. Acesso em: 10 maio, 2022

NOVACANA. **Propriedades Físico-Químicas do Etanol**. 2013-2020. Disponível em : <https://www.novacana.com/etanol/propriedades-fisico-quimicas>. Acesso em: 13 nov. 2021.

REVISATA MANUTENÇÃO. **Estimativa de duração de atividades, um estudo de caso em uma parada de manutenção**. 2018. Disponível em; <https://www.revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/correlata/estimativa-de-duracao-de-atividades-um-estudo-de-caso-em-uma-parada-de-manutencao.html>. Acesso em: 10 maio, 2022

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. 530 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

TOAZZA, Guilherme Francez; SELLITO, Miguel Afonso. **Estratégia de Manutenção Preditiva no Departamento Gráfico de uma Empresa do Ramo Fumageiro**. Revista Produção Online.V.15,n.3,2015.Dispónivel em: <http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1623/1298> Acesso em 01 out. 2021.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2006. 167 p.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade**. 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p.