



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



JOÃO PEDRO MARCON BAIÃO

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM UM DISTRIBUIDOR CENTRAL: O CASO DE UMA
ENGARRAFADORA DE LATAS**

OURO PRETO – MG

2026

JOÃO PEDRO MARCON BAIÃO
joapedrombaiao@gmail.com

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA
CONFIABILIDADE EM UM DISTRIBUIDOR CENTRAL: O CASO
DE UMA ENGARRAFADORA DE LATAS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: DSc. Washington Luis Vieira da Silva

OURO PRETO – MG

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

B152a Baiao, Joao Pedro Marcon.

Aplicação da manutenção centrada na confiabilidade em um distribuidor central [manuscrito]: o caso de uma engarrafadora de latas. / Joao Pedro Marcon Baiao. - 2026.
58 f.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Confiabilidade (Engenharia). 2. Controle de qualidade - Diagrama de Ishikawa. 3. Manutenção. I. Silva, Washington Luis Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

João Pedro Marcon Baião

Aplicação da manutenção centrada na confiabilidade em um distribuidor central: o caso de uma engarrafadora de latas

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 12 de Fevereiro de 2026

Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Silva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luís Vieira da Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 22/02/2026



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/02/2026, às 19:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1062567** e o código CRC **3B5F1618**.

A Deus dedico mais esta etapa vencida, meus pais, pelo apoio.

A república Penitenciária por ser minha casa por todos esses anos.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder saúde e sabedoria para concluir esta etapa tão importante da minha vida.

Aos meus pais, Edlo e Glaucia, agradeço pelo apoio incondicional e por viverem esse sonho comigo; sem vocês, nada disso seria possível. Vocês são minha inspiração diária.

À minha irmã, Marília, que sempre esteve ao meu lado, independentemente dos momentos, oferecendo força e incentivo para que eu continuasse.

À minha avó Andume (*in memoriam*), que contribuiu para minha formação como homem e que, tenho certeza, continua me abençoando do céu.

À Escola de Minas e a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória acadêmica, especialmente ao DSc. Washington Luís Vieira da Silva, pela orientação, dedicação e paciência ao longo desses anos.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor. Mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser, mas graças a Deus não somos o que éramos”.

Martin Luther King

RESUMO

Este trabalho aborda a aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) e de técnicas de análise de lubrificantes como ferramentas para identificação de falhas em equipamentos industriais de uma fábrica do setor alimentício. O problema investigado consiste na degradação prematura da graxa lubrificante no distribuidor central de uma engarrafadora de latas, evidenciada pela presença de contaminantes e desgaste excessivo dos componentes, o que compromete a confiabilidade operacional. Justifica-se o estudo pela necessidade de identificar as causas raiz da falha e propor ações corretivas e preventivas que mantenham operação normalizada dos ativos. O objetivo do trabalho é aplicar metodologias de confiabilidade para compreender os fatores que contribuíram para a ocorrência da falha no sistema de lubrificação. Para isso, foram utilizadas ferramentas como o Diagrama de Causa e Efeito e a Árvore de Falhas (FTA), permitindo a estruturação lógica dos eventos básicos e intermediários relacionados ao evento topo. Os resultados evidenciaram que a falha analisada não foi consequência de um único fator isolado, mas da combinação de condições operacionais inadequadas, falhas em procedimentos de lubrificação, ausência de monitoramento sistemático e fatores ambientais. Conclui-se que a aplicação estruturada da MCC possibilitou a identificação clara das causas fundamentais do problema, fornecendo evidências técnicas para a definição de ações preventivas e para a melhoria da confiabilidade do equipamento.

Palavras-chave: Confiabilidade. Análise de Falhas. Manutenção. Distribuidor. Engarrafadora. FTA. Ishikawa.

ABSTRACT

This study addresses the application of Reliability-Centered Maintenance (RCM) as a tool for failure identification and analysis in industrial equipment within a food industry facility. The investigated problem consists of the premature degradation of lubricating grease used in the central distributor of a can filling machine, evidenced by the presence of contaminants and excessive component wear, which compromises operational reliability. The study is justified by the need to identify the root causes of the failure and to propose corrective and preventive actions aimed at maintaining the normal operation of the assets. The objective of this work is to apply reliability methodologies to understand the factors that contributed to the failure in the lubrication system. To achieve this, tools such as the Cause-and-Effect Diagram and Fault Tree Analysis (FTA) were used, enabling the logical structuring of basic and intermediate events related to the top event. The results demonstrated that the analyzed failure was not caused by a single isolated factor, but rather by a combination of inadequate operational conditions, failures in lubrication procedures, lack of systematic monitoring, and environmental factors. It is concluded that the structured application of RCM enabled the clear identification of the root causes of the problem, providing technical support for the definition of preventive actions and for improving equipment reliability.

Key-words: Reliability. FTIR. Failure Analysis. Maintenance. Distributor. Bottling Machine. FTA. Ishikawa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Curva da Banheira.....	15
Figura 02: Exemplo Avaliação Quantitativa.....	18
Figura 03: Trecho da árvore de falhas.....	19
Figura 04: Simbologia da Árvore de Falhas.....	20
Figura 05: Exemplo Diagrama de Ishikawa.....	22
Figura 06: Fluxograma de Materiais e Métodos	37
Figura 07: Fluxograma dos processos de fabricação	40
Figura 08: Organograma Industrial	41
Figura 09: Engarrafadora de Latas	42
Figura 10: Distribuidor Central da Engarrafadora de Latas.....	43
Figura 11: Diagrama de Causa e Efeito.....	45
Figura 12: Árvore de Falhas	47
Figura 13: Árvore de Falhas	48
Figura 14: Manual do fabricante.....	51
Figura 15: Tabela de lubrificação padrão do fabricante.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis e Indicadores	38
Tabela 2: Plano de Ação	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Formulação do Problema.....	1
1.2 Justificativa.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Geral.....	5
1.3.2 Específicos.....	5
1.4 Estrutura do Trabalho.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Manutenção	7
2.2 Métodos de Manutenção	9
2.2.1 Manutenção Corretiva.....	9
2.2.2 Manutenção Preventiva.....	10
2.2.3 Manutenção Preditiva.....	11
2.2.4 Melhoria de equipamentos	11
2.3 Manutenção Centrada na Confiabilidade	12
2.3.1 Parâmetros da Confiabilidade.....	13
2.3.2 Conceitos da Confiabilidade.....	17
2.3.3 Ferramentas da Confiabilidade.....	18
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 Tipo de Pesquisa.....	23
3.2 Materiais e métodos.....	24
3.3 Variáveis e Indicadores	24
3.4 Instrumento de coleta de dados	25
3.5 Tabulação dos dados	25
3.6 Considerações finais do capítulo.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 Características do setor.....	27
4.2 Características do Equipamento	29
4.3 Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade para uma engarrafadora....	31

5 Conclusão e Recomendações.....	40
5.1 Conclusão	40
5.2 Recomendações	40
REFERÊNCIAS	42

1 Introdução

1.1 Formulação do Problema

É notável competitividade de empresas engarrafadoras e distribuidoras de bebidas no cenário nacional e internacional e isso exige uma produtividade sem que a qualidade e a segurança sejam afetadas. Para que isso seja possível, os métodos de manutenção têm sido cada vez mais utilizados e aperfeiçoados ao longo dos anos visando constância da produção, sem que seja interrompida devido à falhas mecânicas causadas pela falta de manutenção adequada de seus equipamentos, ocasionando paralisação da cadeia produtiva.

A palavra manutenção é derivada do latim, *manus tenere*, que significa manter o que se tem, relacionada com o setor produtivo podemos concluir como manter em funcionalidade o equipamento para o qual foi projetado por meio de medidas mitigatórias (VIANA, 2002).

A manutenção pode ser aplicada de maneiras diferentes de acordo com realidade em que a empresa se encontra, por isso, segundo Viana (2002) possuem diferentes tipos, sendo elas: corretiva, preventiva, preditiva e autônoma.

A manutenção corretiva é posta em prática a partir do momento em que ocorre a pane, onde o equipamento é levado a falha ou tem sua capacidade de operação consideravelmente afetada (KARDEC e NASSIF, 2009). Segundo Bueno (2020) este método ocasiona diminuição da vida útil dos equipamentos, e ocasionalmente, falhas em momentos inoportunos, como períodos sazonais com uma demanda acima da média, que impactam a produtividade diretamente. Para Seleme (2015) apesar das grandes evoluções confiabilidade dos maquinários, falhas não programadas não foram eliminadas por completo, sendo necessário que o reparo seja realizado de maneira rápida e correta.

Para Monchy (1989) a manutenção preventiva é intervenção programada e preparada antes da provável data de surgimento de quaisquer falhas. Monchy (1989, p.39) também define como “Manutenção efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de um bem ou degradação de um serviço prestado”.

Manutenção Preditiva visa utilizar equipamentos mais sofisticados para o monitoramento das atividades utilizando de métodos estatísticos, objetivando encontrar o melhor tempo para realizar o reparo sem que sejam feitas inspeções desnecessárias no equipamento (XENOS, 1998).

Manutenção autônoma é quando os colaboradores de determinado setor realizam correções no maquinário que utilizam, de acordo com a necessidade e com o conhecimento adquirido acerca do processo (VIANA, 2002).

A escolha dos diferentes métodos de manutenção é feita de acordo com o posicionamento de cada empresa em relação à falha dos maquinários, tendo que ser aceita e entendida por todas as camadas do setor produtivo (MONCHY, 1989).

De acordo com Lafraia (2001), cada parâmetro relacionado às possíveis falhas de um equipamento possuem uma probabilidade mais acentuada ou não de impactar o funcionamento padrão de um equipamento. Com isso utilizam-se cálculos probabilísticos para conseguir mensurar o grau de risco de cada variável, denominada análise de confiabilidade, sendo um dos principais pilares da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) (LAFRAIA, 2001).

O estudo da confiabilidade visa determinar a probabilidade de um equipamento realizar uma determinada função requerida sob condições definidas de uso por intervalo de tempo requisitado (KARDEC e NASSIF, 2009)

Conforme Moubray (1997, p.7), a Manutenção Centrada na Confiabilidade é definida como “um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional presente”.

A linha de produção de uma fábrica do setor alimentício é composta por inúmeros equipamentos complexos, onde estão inseridos diversos componentes que afetam diretamente o funcionamento da linha fabril. Com isso, a Manutenção Centrada na Confiabilidade é responsável pela análise dos elementos, almejando maximizar a eficiência operacional por meio da redução de falhas e interrupções, garantindo o aumento da vida útil dos equipamentos. O Distribuidor Giratório Central de uma Engarrafadora de latas, realiza o envasamento de produtos para o recipiente final, como latas e garrafas de diferentes litragens, em alta rotatividade, no qual está diretamente conectado com a capacidade de produção da planta. O equipamento estudado, localiza-se nos estágios finais do processo de engarrafamento, tendo todo o controle das etapas tanto no aspecto qualitativo, quantitativo, segurança e higiene.

O trabalho tem como propósito verificar como a Manutenção Centrada na Confiabilidade é aplicada em um distribuidor de bebidas numa engarrafadora de latas em uma fábrica do setor alimentício, com isso questiona-se:

Dentro do contexto apresentado, questiona-se:

Como aplicar a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) em um distribuidor central em uma engarrafadora de latas?

1.2 Justificativa

É praticamente impensável um sistema fabril operar sem ter um plano de manutenção bem estruturado e definido, uma vez que está diretamente interligado com a redução da probabilidade de falhas, tendo relação direta com vida útil do equipamento e sua produtividade (DUTRA, 2019)

Segundo Moubray (1997), inicialmente a indústria baseava-se em ações corretivas, onde para que alguma ação mitigatória fosse utilizada o equipamento teria que sofrer algum tipo de avaria que impedisse seu funcionamento padrão. De acordo com Kardec e Nassif (2009) com o avanço tecnológico e o surgimento de sistemas como *just in time*, fez com que as empresas aumentassem sua dependência na confiabilidade dos maquinários uma vez que falhas na linha de produção impactaria severamente os custos e qualidade dos produtos, visto que a fabricação operava com estoques mínimos e alta rotatividade produtiva.

O sistema *just in time* é definido por Slack et al (2002, p. 482) define como:

Just in time significa produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários, não antes para que não formem estoque, e não depois para que seus clientes não tenham que esperar.” Visto a necessidade de rapidez na produção, Shingo (1996) expõe como um dos principais desperdícios do sistema, a fabricação de produtos defeituosos que podem ter relação direta com a disponibilidade de equipamento, seja por operação incorreta ou problemas no maquinário devido à falhas.

Com a globalização da economia, a demanda por produtos e maquinários com melhor desempenho e menores custos, se deu a necessidade do aumento da confiabilidade operativa, consequentemente, redução da probabilidade de falhas, estando associada à operação bem sucedida (FOGLIATTO, 2011).

Conforme mencionado por Lafraia (2001), a Manutenção Centrada na Confiabilidade possui diversos parâmetros que são levados em consideração para que se possa calcular o grau de confiabilidade de um determinado equipamento, muitas sendo definidas por meio de funções como a: função da densidade de falhas, função acumulada de falhas e probabilidade de falha, onde são computados em função do tempo, visto a grande influência no desempenho do maquinário, além de outras variáveis como Tempo Médio entre Falhas (TMPF), Tempo Médio para Reparo (TMPR) e a Disponibilidade (DF).

Todos esses fatores oriundos do cálculo e da análise, refletem e diversas melhorias dentro da cadeia produtiva, visto que a redução de paradas não programadas, está

diretamente relacionada com o alto desempenho operacional (SLACK, 2002).

Com o estudo da confiabilidade, utilizando os parâmetros expostos por Lafraia (2001), é possível apresentar uma crescente melhora nos resultados operacionais dos processos de fabricação em virtude das melhorias resultantes da MCC. Essa otimização reflete no aumento produtividade dos ativos da planta, redução de custos operacionais, aumento da segurança dos colaboradores, ampliação da competitividade no mercado, maior satisfação de clientes e stakeholders.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Aplicar a da Manutenção Centrada na Confiabilidade em um Distribuidor giratório central de bebidas de uma engarrafadora de latas de uma empresa do ramo alimentício.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre: Manutenção, Métodos de Manutenção e Manutenção Centrada na Confiabilidade;
- Elaborar um procedimento metodológico para aplicar o Manutenção Centrada na Confiabilidade para o equipamento estudado;
- Comparar os resultados obtidos com a base teórica para aplicar a Manutenção Centrada na Confiabilidade para o Distribuidor de bebidas de uma engarrafadora de latas.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho em questão foi dividido em cinco capítulos. O Capítulo 1 expõe uma introdução da temática do problema, justificativa, objetivo e tópicos específicos. No Capítulo 1 é apresentado a revisão bibliográfica dos conceitos utilizados constantemente ao longo da dissertação, relacionados com a manutenção mecânica, confiabilidade e métodos da manutenção centrada na confiabilidade. O capítulo 3, explana os métodos utilizados para analisar o estudo da confiabilidade no equipamento em questão. Já no

capítulo 4, expõe os resultados e discussões acerca da problemática com base nas análises realizadas. Por fim, no capítulo 5 é obtida a conclusão do trabalho com base nos resultados e discussões apresentadas anteriormente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção

Segundo a NBR 5462-1994, manutenção pode ser definida como:

Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Para Xenos (1998), apenas medidas mitigadoras não são suficientes para que um equipamento possa manter seu funcionamento projetado, por isso ações de melhorias devem ser incorporadas visando o bom funcionamento e a alta produtividade. Esse fator está interligado com a melhoria das condições originais de operação, como a modificação de componentes para acrescentar maior capacidade de produção sem que o equipamento falhe (XENOS, 1998).

De acordo com Simeí (2012) *apud* Bueno (2020), manutenção é um conjunto de tratativas técnicas e intervencionistas objetivando manter o funcionamento regular do equipamento envolvendo adequações e reformas de componentes e ações preventivas para que o processo produtivo não seja impactado negativamente pela diminuição da disponibilidade física inesperada.

Já para Moubray (1997), a manutenção visa preservar o estado do ativo para que seja capaz de cumprir as funções requisitadas, assegurando o funcionamento de acordo com o contexto operacional inserido, visto que o ambiente e os parâmetros de fabricação influenciam diretamente no desgaste de componentes consequentemente no rendimento do equipamento. Para o mesmo autor, Moubray (1997), a manutenção ao longo dos anos passou por diversas adaptações dentro do cenário histórico mundial visando atender as necessidades do mercado que aumentava cada vez mais a demanda por produtos. Conforme esse cenário, os maquinários envolvidos em cada processo começaram a se tornar cada vez mais complexos e automatizados para conseguissem atender todas as solicitações requeridas (MONCHY, 1989).

No dizer de Kardec e Nassif (2009), anteriormente à Primeira Guerra Mundial (1914-1918) a visão da indústria sobre a manutenção era completamente voltada para ações corretivas, uma vez que consideravam o desgaste até a falha como algo inevitável aos processos de fabricação. Tal cenário é reflexo da manualidade dos equipamentos da época que não suportavam uma demanda considerável, então, qualquer tipo de falha não era visto como crítica ao processo dado a falta de urgência na fabricação (KARDEC e

NASSIF, 2009).

Kardec e Nassif (2009) também, nas décadas entre 50 e 70 após a Segunda Guerra Mundial o contingente de colaboradores foi consideravelmente reduzido e a demanda aumentou vertiginosamente devido às necessidades da época. Isso refletiu na mudança da postura das empresas, ocasionando a mecanização de equipamentos e aumento da capacidade fabril, expondo a necessidade de manter a disponibilidade e confiabilidade do maquinário dada a necessidade de alta produtividade, tornando o PCM baseado em ações corretivas em um pilar fundamental (KARDEC e NASSIF, 2009).

Apontado por Viana (2002) a partir da década de 70, os métodos para análise de manutenção evoluíram, em que anteriormente eram baseadas no tempo, mas agora nas condições. Com o avanço da tecnologia a utilização de *softwares* para acompanhamento de componentes se tornaram cada vez mais presentes no meio industrial, dessa forma, o acompanhamento de indicadores de componentes com base na confiabilidade se tornaram comuns dado a importância da disponibilidade física que uma vez paradas inesperadas afetam o custo de fabricação, consequentemente a diminuição da competitividade em relação a outras empresas concorrentes (VIANA, 2002).

A influência da chamada Terceira Geração, ainda são utilizadas até os tempos atuais, porém de uma maneira mais sofisticada e tecnológica, adicionando ainda, a preocupação com a preservação ambiental (KARDEC e NASSIF, 2009). De acordo com Moubray (1987), a preservação do Meio Ambiente se tornou intrínseca aos processos de manutenção, dada a preocupação com descartes de fluidos que podem contaminar o solo e água, por exemplo, além dos projetos com objetivo de mitigar a emissão de gases poluentes para a atmosfera. Além disso, a segurança dos colaboradores envolvidos no processo se tornou mais importante que a produção em larga escala onde um equipamento que não possua um laudo de segurança ficará impossibilitado de operar (KARDEC e NASSIF, 2009).

De acordo com Mobley (2004), os investimentos em manutenções de equipamentos representam de 15 a 60% dos custos de fabricação, variando de indústria para indústria. A gestão da manutenção pode gerar gastos desnecessários, por isso estudos sobre os equipamentos e a análise reais de indicadores são de extrema importância para a boa gestão. Entretanto, é de conhecimento amplo que tanto ações improdutivas quanto a não realização de manutenções afetam diretamente a qualidade do produto e a produtividade do sistema fabril, sendo pela baixa disponibilidade de equipamentos, operação incorreta por componentes defeituosos e pela sobrecarga de setores relacionados

(MOBLEY, 2004).

2.2 Métodos de Manutenção

A manutenção vem acompanhando a evolução do setor industrial ao longo dos anos e de adaptando de acordo com a realidade tanto da qualidade quanto da produtividade requerida pelo mercado. Os tipos de manutenção são classificados diferentemente para cada autor, mas sendo de maneira geral como: corretiva, preventiva e preditiva.

2.2.1 Manutenção Corretiva

Para Mobley (2004), a manutenção corretiva é uma técnica reativa em que aguarda a falha do equipamento para poder tomar medidas de reparo, dependendo da rapidez dos responsáveis pelas ações de reparo para restaurar o funcionamento do maquinário e reduzir os danos causados à produção. Também é exposto por Mobley (2004), sobre a necessidade de possuir um estoque considerável de componentes, uma vez que devido ao não monitoramento qualquer elemento pode causar a falha.

Já Viana (2002), define como ações imediatas após a falha do maquinário visando evitar consequências irreversíveis aos equipamentos e aos colaboradores em questão, ou seja, medidas mitigatórias para restaurar a funcionalidade projetada e assegurar a segurança dos operadores que ali trabalham.

Para Kardec e Nassif (2009), é a atuação do setor de reparos para corrigir falhas que tenham causado falhas ou redução do desempenho esperado. Com uma visão diferente dos outros autores citados é defendido que a manutenção corretiva pode ser dividida em duas vertentes assim como Viana (2020) corrobora, sendo elas: Manutenção Corretiva Não Programada (Emergencial) ou Manutenção Corretiva Planejada.

Ambos autores Kardec e Nassif (2009) e Viana (2020) concordam, que a Manutenção Corretiva Não Programada é praticada com o episódio já concluído, seja ele a falha ou a redução operativa causada de maneira aleatória. Essa vertente, principalmente em processos contínuos de fabricação, causam perdas significativas na qualidade do produto, além do aumento dos custos gerados pela falha inesperada.

Viana (2020) expõe que Manutenção Corretiva Planejada é feita através do conhecimento prévio das principais causas de pane do equipamento e por meio da mudança dos parâmetros de produção e dos procedimentos para utilização do maquinário realizados pela gerência, objetivando mitigar que os componentes falhem.

Essa metodologia visa antecipar quaisquer ações que possam levar à falha prematura do maquinário (VIANA, 2020).

Para Xenos (1998), dentre os métodos de manutenção, a corretiva é a que apresenta menores custos, reflexo do tratamento de falhas após a sua ocorrência, reduzindo então custo com lubrificantes e componentes, por exemplo. Mas é imprescindível ressaltar as perdas significativas causadas pela paralisação da linha produtiva inesperadamente, tem como consequência o aumento dos custos operacionais que refletem diretamente no desempenho da empresa no setor em que está inserida (SLACK, 2002).

2.2.2 Manutenção Preventiva

De acordo com Xenos (1998) e Manutenção Preventiva é feita através de reparos periódicos a fim de prolongar a vida útil do equipamento, por meio do acompanhamento operacional, inspeções e reformas dos componentes inseridos no sistema. Apesar de possuir um custo ferramental maior com as constantes trocas de peças, essa metodologia reduz drasticamente a frequência de falhas e logicamente, as paradas não programadas (XENOS, 1998).

Viana (2002) define como conjunto de ações realizadas em equipamentos que não estejam em falha, onde os componentes são acompanhados e substituídos de acordo com os requisitos dos ativos, objetivando assim reduzir as chances de uma falha não programada na linha de produção. Também se torna necessário um alinhamento com o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) para a elaboração de um calendário de paradas de acordo com as necessidades de produção fabril (VIANA, 2002).

Kardec e Nassif (2009) as ações preventivas são realizadas a partir de um plano elaborado antecipadamente de acordo com as especificações do maquinário e a realidade do ambiente em que se está inserida, a fim de reduzir a falha ou queda de desempenho do equipamento com base em intervalos de tempo.

Os autores corroboram que a manutenção preventiva garante uma maior segurança operativa na linha de produção, uma vez que com as trocas de componentes nos equipamentos aumentam sua vida útil do maquinário, fazendo com que o sistema fabril não sofra com a indisponibilidade de equipamentos não programados (KARDEC e NASSIF, 2009).

2.2.3 Manutenção Preditiva

Para a norma NBR 5462 - 1994, a manutenção preditiva é definida como:

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva

De acordo com Mobley (2004), a manutenção preditiva é baseada na condição do equipamento, para isso são utilizados mecanismos para monitorar diretamente os componentes mecânicos do maquinário para estipular o tempo real necessário para agir com os reparos e evitar quaisquer falhas. Esse método utiliza diversas ferramentas para acompanhar os indicadores e expor dados obtidos, para que a programação da parada seja reformulada de acordo com os parâmetros analisados pelo monitoramento (MOBLEY, 2004).

Viana (2002) explicita que a manutenção preditiva visa determinar o período correto para realizar as ações mantenedoras por meio do acompanhamento por meio de ações de monitoramento e inspeções para evitar paradas programadas desnecessárias e garantir que os componentes sejam usufruídos o máximo possível.

Mobley (2004) e Viana (2002) corroboram que mesmo com as grande gama de equipamentos complexos presentes na indústria dos mais diversos setores, as ferramentas mais utilizadas para o acompanhamento dos ativos são, a análise de vibração, de óleos lubrificantes e termografia

Xenos (1998) aborda a manutenção preditiva sendo um desdobramento da manutenção preventiva em que o monitoramento contínuo dos equipamentos e a análise de indicadores devem integrar ao plano de manutenção preventiva. Não obstante, a utilização de sensores e mecanismos de acompanhamento real seriam maneiras de inspecionar equipamentos para prover quando será o tempo ideal para realizar a troca dos componentes (XENOS, 1998).

2.2.4 Melhoria de equipamentos

Xenos (1998) aponta como um processo de melhoria dos equipamentos além das especificações de fábrica, de maneira gradativa e contínua por meio da utilização da filosofia japonesa *kaizen*. O objetivo da manutenção é evitar ou corrigir falhas que levam

o equipamento a falha, porém esse método implica investigar as causas raízes a fim de identificar os causadores das falhas dos componentes e realizar projetos de melhoria por meio de adaptações no processo produtivo, no modelo de operação e troca de componentes para aqueles que atendem aos requisitos da demanda (XENOS, 1998).

Para o dicionário inglês, *New Shorter Oxford apud* por Imai (2014), *kaizen* significa a melhoria contínua das práticas de trabalho. Essa filosofia consiste em proporcionar melhorias pontuais em todos os âmbitos empresariais que ao longo dos anos resultam em melhorias significativas. Esses aprimoramentos tem como princípio a eliminação de desperdícios e a otimização dos processos produtivos por meio da padronização (IMAI, 2014).

Imai (2014) e Xenos (1998) deixa claro que não padronização podem ter como consequências um ciclo vicioso de falhas, por isso utilizam ferramentas como PDCA (*Plan, Do, Check e Action*) utilizada para o controle dos processos melhoria e para metas padrão usa-se o SDCA (*Standard, Do, Check e Action*). Já para identificação da causa raiz é citado o diagrama de *Ishikawa* para identificação de falhas (XENOS, 1998).

Xenos (1998) define valor como uma combinação entre três fatores presentes na Gestão da Qualidade Total (GQT), sendo eles: qualidade, entrega e custo. As companhias atuais sempre buscam a combinação perfeita entre eles, a fim de diminuir os custos e melhorar a qualidade e a entrega dos produtos fabricados que consequentemente elevam o valor, gerando maiores lucros para a empresa e seus *stakeholders* (XENOS, 1998).

Imai (2014) explica a Gestão da Qualidade Total (GQT) como uma estratégia a fim de melhorar a gestão de ativos e reduzir os custos processuais para que se torne mais lucrativa. Kardec e Nassif (2009) relacionam a falta de gente com o excesso de demanda causada pela não confiabilidade adequada dos equipamentos que geram paradas não obrigatórias que aumentam a demanda e sobrecarregam os colaboradores fabris.

2.3 Manutenção Centrada na Confiabilidade

Para Lafraia (2001), a maioria dos parâmetros envolvidos em um sistema fabril não é possível determinar por quanto tempo um determinado mecanismo funcionará dentro de suas especificações, por isso necessitam de uma análise do risco de falha em um sistema com base no estudo probabilístico.

A norma AFNOR X 06-501-1977 *apud* Monchy (1989, p.105), estabelece como:

A confiabilidade é a característica de um dispositivo expressa pela probabilidade que esse dispositivo tem de cumprir uma função requerida em condições de utilização e por um período de tempo determinado.

Leemis (1995, p.2) *apud* Fogliatto (2011, p.2) define como a confiabilidade de um sistema como “A probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas”.

A NBR 5462-1994 *apud* Kardec e Nassif (2009), explica:

Confiabilidade, do inglês *Reliability*, é de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo. O termo confiabilidade $R(t)$ é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade.

Segundo Moubray (1997), a Manutenção Centrada na Confiabilidade implica diversos benefícios operacionais quanto ambientais, como a melhora significativa na segurança dos colaboradores e na diminuição de riscos ambientais, desempenho operacional mais efetivo ao expor qual a melhor maneira de realizar a manutenção de um ativo, entre outras vantagens.

2.3.1 Parâmetros da Confiabilidade

A MCC possui diversos parâmetros que são estudados e levados em consideração para calcular a confiabilidade de um equipamento e expor quais medidas devem ser levadas em consideração para mitigar quaisquer danos a linha operacional relacionados a paradas inesperadas (FOGLIATTO, 2011).

Nassif e Kardec (2009) definem confiabilidade em função de um tempo t matematicamente como:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Em que:

$R(t)$ - Confiabilidade a qualquer tempo t ;

e - Base dos Logaritmos neperianos ($e = 2,718$);

λ - Taxa de Falha;

t - Tempo Previsto de Operação.

Onde por se tratar de um estudo probabilístico como exposto por Lafraia (2001) e confirmado por Nassif e Kardec (2009), a confiabilidade pode assumir valores que variam entre 0 e 1, sendo a probabilidade igual a 1 a certeza que a falha irá ocorrer já igual a 0, o desacerto não irá ocorrer.

Para os mesmos autores Nassif e Kardec (2009), é possível definir inúmeros parâmetros por meio de fórmulas matemáticas, tais como:

- Taxa de Falha:

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Número de horas de operação}} \quad (2)$$

De acordo com Xenos (1998), ao relacionar esse parâmetro com tempo de vida de equipamento encontra-se um modelo de falha denominado “Curva da Banheira”, onde a primeira onde ocorrem falhas prematuras, também conhecida como Mortalidade Infantil, é um período de falhas tipicamente causadas por erro de instalação e mau uso operacional relacionados ao início da operação. Após a normalização do início de operação, encontram-se as falhas aleatórias causadas pela atuação do maquinário na linha fabril em que podem ser mitigados pelo planejamento de manutenção correto. Por fim, o período de falhas por desgaste em que o equipamento está chegando ao fim de sua vida útil e seus mecanismos apresentam desgaste pelo uso excessivo, sendo necessárias trocas ou substituição do ativo (XENOS, 1998).

Essa frequência de falhas pode ser representada na figura 1 abaixo, conforme Xenos (1998) expõe abaixo:

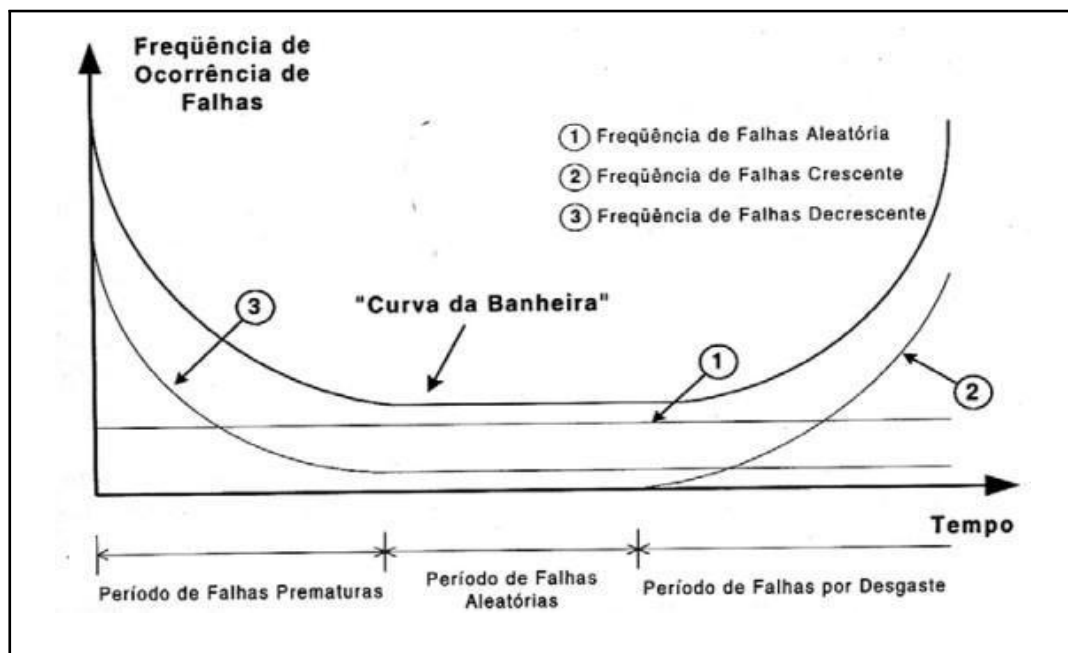


Figura 01: Curva da Banheira.
Fonte: Xenos(1998).

- Disponibilidade Física (DF)

De acordo NBR 5462 - 1994, Disponibilidade Física é definida como:

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.

Para Viana (2002), calcula-se a disponibilidade física por meio da seguinte

expressão:

Onde:

$$DF = \frac{HO}{HO+HM} \times 100 \quad (3)$$

HO: Tempo Total de Operação; HM: Tempo de Paralisações.

Esse índice tem é importante dentro de uma planta de operação, uma vez que objetiva disponibilizar a maior quantidade de maquinários funcionando adequadamente pela maior quantidade de horas possível (VIANA, 2002).

- Tempo Médio entre Falhas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Horas de operação}}{\text{Número de Falhas}} \quad (4)$$

Nassif e Kardec (2009) afirmam ser um parâmetro essencial da manutenção centrada na confiabilidade para maquinários que possuem reparos, ou seja, a vida útil média do equipamento antes que ocorra quaisquer falhas.

Para Teles (2021), o MTBF permite identificar como tem sido aplicado os métodos de manutenção, onde Q UANTO melhor for este índice implica um menor números de falhas do ativo, impactando positivamente a linha produtiva.

- Tempo Médio Entre Reparos (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Horas de Manutenção}}{\text{Número de Reparos}} \quad (5)$$

Para Teles (2021), o MTBF permite identificar como tem sido aplicado os métodos de manutenção, onde quanto melhor for este índice implica um menor número de falhas do ativo, impactando positivamente a linha produtiva.

2.3.2 Conceitos da Confiabilidade

- Qualidade

Fogliatto (2011, p.7) define qualidade como “a totalidade de características e aspectos de um produto ou serviço que tornam possível a satisfação do cliente. Sendo a conformidade de acordo com as especificações com a menor taxa de erro possível.

Já para Xenos (1998, p.40), qualidade pode ser compreendida como “a forma pela qual os produtos e serviços são julgados pelos seus usuários”, onde os clientes estarão pelo conjunto de três fatores: qualidade intrínseca, custo e entrega.

- Manutenibilidade

A NBR 5462 – 1994 descreve como:

A 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.

Monchy (1989) conceitua a manutenibilidade como a facilidade, rapidez e eficácia com que um equipamento pode ser mantido ou reparado para que continue operando sem intercorrências, avaliando o grau de facilidade na realização de ações de manutenção visando garantir o bom desempenho do ativo.

- Segurança

Segundo Fogliatto (2011), a segurança é a inexistência de quadros em que se possa causar algum óbito, ou como danos significativos aos colaboradores bem como o ativo envolvido no contexto de insegurança. Existe também, uma definição alternativa, visto que algumas atividades são impossíveis de atingir a ausência de risco, sendo considerado um nível “aceitável” (FOGLIATTO, 2011).

- Dependabilidade

Dependabilidade ou apenas confiança, está relacionado com o conceito de confiabilidade porém envolvendo mais fatores além da probabilidade, tais como manutenibilidade e suporte técnico (FOGLIATTO, 2011).

2.3.3 Ferramentas da Confiabilidade

2.3.3.1 Fault Tree Analysis (FTA)

Para Lafraia (2001), *Fault Tree Analysis* (FTA), pode ser uma análise quantitativa quanto qualitativa, sendo que a qualitativa tem o objetivo de determinar quais foram os motivos que levaram determinado equipamento à falha ou a sequência de eventos que ocasionaram a avaria, enquanto a quantitativa visa obter a probabilidade de ocorrência da pane.

Fault Tree Analysis (FTA) ou Análise de Árvore de Falhas (AAF), utiliza uma análise de um diagrama lógico o conjunto de possíveis falhas que ocasionaram a pane em que está sendo estudada (LAFRAIA, 2001).

Fogliatto(2011), define a árvore de falhas como:

Uma técnica analítica que especifica as condições que acarretam em um estado indesejado do sistema (evento topo). Ela exige que se desenvolva um modelo em que são especificadas as dependências entre os componentes do sistema. Ela permite que sejam calculadas as probabilidades de ocorrência dos eventos topo (desastres) que foram analisados.

A figura 2 exposta por Yamane (2007) exemplifica como é feito a árvore de falhas no diagrama a seguir:

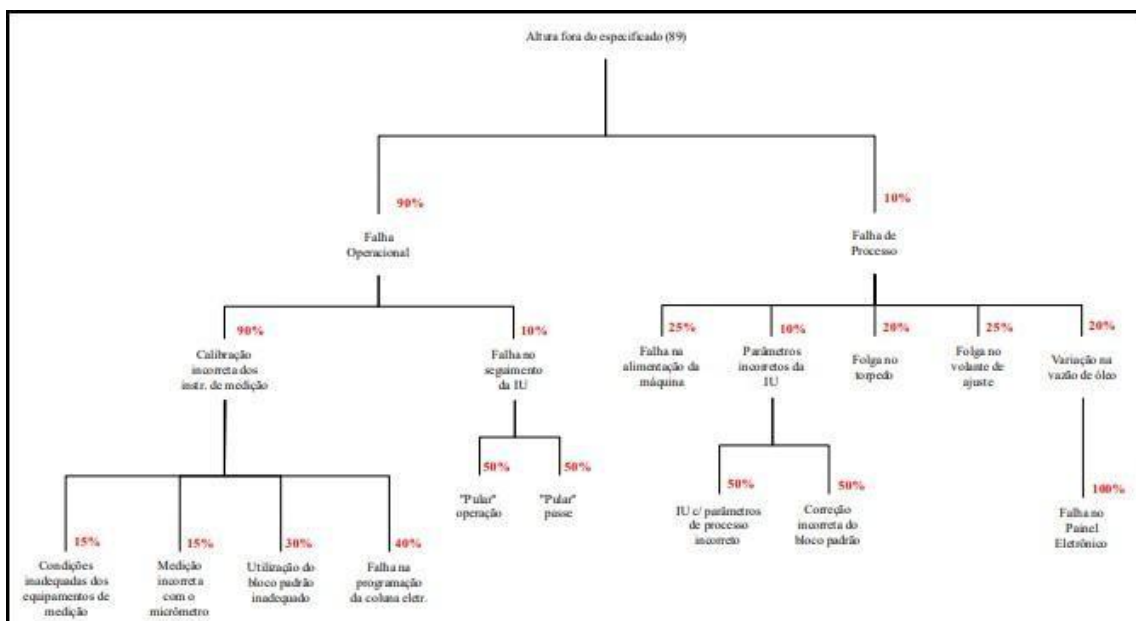


Figura 02: Exemplo Avaliação Quantitativa.
Fonte: Yamane (2007).

De acordo com Contini (1995), o FTA permite identificar as causas raiz de eventos indesejados em um sistema, partindo de um evento específico, denominado "evento de topo", a árvore de falhas decompõe o problema em suas causas básicas, que podem ser falhas de componentes, erros humanos ou condições externas.

Lafraia (2001) expõe os seguintes princípios para montagem do FTA:

- Seleção do evento topo;
- Determinação dos fatores contribuintes;
- Diagramação lógica;
- Simplificação booleana;
- Aplicação dos dados quantitativos;
- Determinação da probabilidade de ocorrência.

Para Fogliatto (2011) a árvore de falhas são utilizados símbolos que representam os eventos envolvidos, os diferentes operadores lógicos e eventos básicos, dessa forma, permitindo interpretar racínios complexos mais facilmente, sendo explicitado na figura 3.

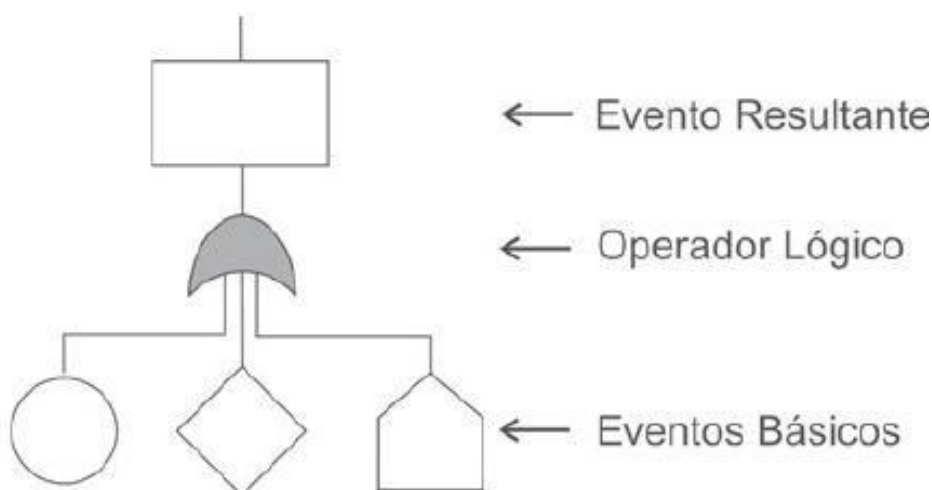


Figura 03: Trecho da árvore de falhas
Fonte: Fogliatto(2011).

A simbologia mais utilizada para representação dos eventos são, os retângulos e círculos, sendo os retângulos correspondentes a um evento resultante da combinação de eventos básicos, já os círculos são causas básicas que ocasiona ou não um evento resultante (FOGLIATTO, 2011).

Para Fogliatto (2011), os operadores lógicos mais empregados são “E” e “OU”, em que o operador “E” indica uma condição mais segura, em que a falha ocorre apenas se todos os equipamentos falharem, já o operador “OU”, representa uma condição menos segura, onde o sistema entrar em pane se qualquer um dos componentes falhar. Viana (2001), explica o uso da porta lógica “E” como “quando o evento ocorre quando o evento

“A” e o evento “B”, ocorrem simultaneamente, e a porta lógica “OU” é empregada quando “quando o evento ocorre quando o evento “A”, ou evento “B” ocorrem, independentemente um do outro”.

Fogliatto(2011) expõe a simbologia dos operadores lógicos na figura 4:

	E	Output (o) só ocorre se todos os inputs ocorrerem
	OU	Output (o) ocorre quando ao menos um dos inputs ocorreram
	$E \ r/n$	Output (o) só ocorre se r dos n eventos ocorrerem

Figura 04: Simbologia da Árvore de Falhas.
Fonte: Fogliatto(2011).

Almeida *et al.* (2005) apud Yamane (2007) denota que os nós intermediários podem ser considerados tanto uma causa quanto um efeito de uma falha ou erro do processo, já a “cabeça” ou também “evento topo” representa a falha indesejada do equipamento, que é a consequência das falhas descritas na árvore. Almeida *et al.* (2005) apud Yamane (2007) explicita que nos “pés” ou “evento básico” assumem uma função apenas de causador de irregularidades que resultam nos nós intermediários, induzindo assim a falha estudada exposta no topo da árvore.

Dentre os benefícios expostos por Lafraia (2001) pode-se explicitar, o conhecimento aprofundado do sistema e de sua confiabilidade, detecção de falhas singulares, além de poder ser utilizado em diferentes níveis de complexidade.

2.3.3.2 Diagrama de Ishikawa

Diagrama de “Causa e Efeito”, “Espinha de Peixe” ou também Diagrama de Ishikawa, nome devido ao seu criador, o japonês Kaoru Ishikawa (MIGUEL, 2006). A ferramenta muito utilizada para identificar ofensores que estejam causando problemas nas linhas de produção, podendo abranger tanto falhas operacionais quanto mecânicas (WILLIAMS, 1995).

Esse diagrama visa correlacionar as possíveis causas de um determinado

empecilho à 6 diferentes tipos de ofensores, conhecidos como 6 M's, sendo eles: Método, Matéria-prima (Material), Máquina, Medição, Mão de Obra e Meio Ambiente (CORRÊA, 2019). Essa ferramenta utiliza a metodologia *brainstorming*, ou tempestade de ideias, é onde membros do grupo expõe seus pensamentos e ideias sem quaisquer tipos de restrições ou julgamentos de forma democrática, como mecanismo de identificação das possíveis falhas (MIGUEL, 2006).

Selemen e Stadler (2012), existem dois métodos representativos que podem ser utilizados na elaboração do diagrama, sendo: diagrama de causa – efeito para identificação de causas e diagrama para levantamento sistemático das causas. Selemen e Stadler (2012) explicam que o primeiro método, se parte de um problema existente e utilizam o digrama como meio de obter as possíveis causas de seu surgimento, já o segundo é utilizado para identificar sistematicamente as causas de um determinado problema.

Para Selemen e Stadler (2012, p.92), o método do 6 M's tem os seguintes significados:

- I. Materiais: Refere-se à análise das características de materiais quanto a sua uniformidade, padrão, etc;
- II. Máquina: Diz respeito à operacionalização do equipamento e ao seu funcionamento adequado;
- III. Método: Considera a forma como serão desenvolvidas as ações;
- IV. Meio Ambiente: Avalia qual situação pode ser a causa de um determinado efeito (situação de execução e/ou de infraestrutura);
- V. Mão de obra: Caracteriza o padrão de mão de obra utilizada, se ela é devidamente treinada, se tem as habilidades necessárias, enfim, se está qualificada para o desempenho da tarefa;
- VI. Medida: Traduzida pela forma como os valores são representados (por distância, tempo, temperatura).

A exemplificação do diagrama de *Ishikawa* é representada na figura 5:

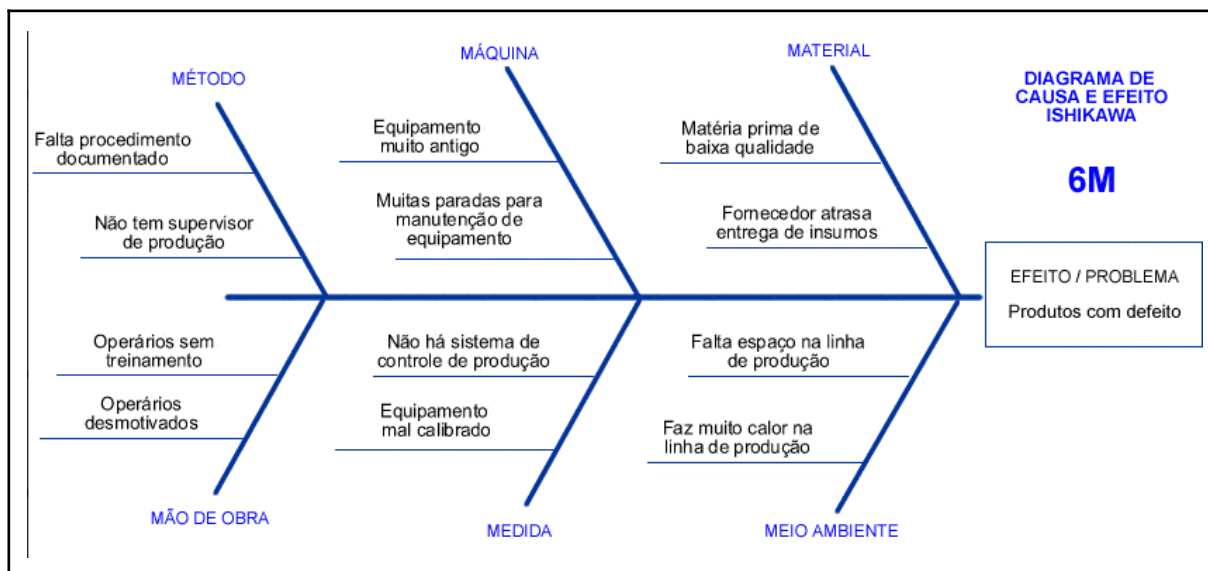


Figura 05: Exemplo Diagrama de Ishikawa.
Fonte: LabDGE - UFF (2022).

A figura 5 observa-se a representação da utilização do diagrama de *Ishikawa* aplicado ao problema de produtos com defeitos, sendo apresentado diversos ofensores para cada uma das causas do 6M. Xenos (1998) explícita que um processo é a conjuntura de causas que ocasionam um ou mais efeitos, ou seja, tendo relação entre causas e efeitos, haverá processo, por exemplo, em uma empresa de manufatura é um grande processo composto de várias causas.

No capítulo 2 foi exposto uma revisão teórica acerca dos conceitos sobre manutenção, métodos de manutenção, confiabilidade e seus parâmetros aplicados na gestão de ativos industriais. Foi discutido os métodos de manutenção, corretiva, preventiva, preditiva e melhoria de equipamentos, com ênfase na Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) como estratégia para identificação dos modos de falha e definição de ações preventivas eficazes. Além, foi abordado ferramentas analíticas como Diagrama de Causa e Efeito e Árvore de Falhas (FTA), destacando a sua aplicação na investigação de falhas e identificação de causas raiz. Essas ferramentas, possuem grande importância em um sistema produtivo, uma vez que contribuem para a redução de paradas não planejadas, aumento da disponibilidade de maquinário, melhoria na confiabilidade dos equipamentos e redução de custos relacionados a manutenção.

3 Metodologia

3.1 Tipo de Pesquisa

Marconi *et al.* (2021) destacam que a pesquisa qualitativa exige a definição clara de um ou mais objetivos, a seleção criteriosa de informações relevantes e a condução de pesquisas de campo. A partir daí, podem ser formuladas hipóteses para explicar os problemas identificados, delimitando o escopo da pesquisa e os instrumentos de coleta de dados. A análise dos dados, por sua vez, caracteriza-se por um processo iterativo, no qual o pesquisador retorna constantemente às etapas anteriores, reformulando suas interpretações em busca de um entendimento mais profundo dos fenômenos investigados. Essa característica distintiva da pesquisa qualitativa contrasta com a abordagem linear e dedutiva frequentemente associada à pesquisa quantitativa.

A presente pesquisa adota uma abordagem metodológica mista, combinando elementos quantitativos e qualitativos. A análise quantitativa, fundamentada em técnicas de confiabilidade e análises estatísticas, visa quantificar e generalizar os resultados. Paralelamente, a análise qualitativa, por meio da análise de falha do componente, aprofunda a compreensão dos fenômenos investigados, proporcionando uma visão mais rica e contextualizada (RICHARDSON, 2017).

Para Gil (2014), existem três classificações para tipos de pesquisa, podendo ser elas: pesquisa descritiva, pesquisa explicativa e pesquisa exploratória.

Neste estudo, é abordado de forma exploratória, conforme classificada por Gil (2014). O objetivo principal é aprofundar o conhecimento sobre o tema, buscando familiaridade com o problema em análise. Para isso, é utilizado uma variedade de métodos, como revisão bibliográfica, estudo de caso e análise de dados, que permitiram uma compreensão mais ampla e detalhada do fenômeno investigado. A pesquisa exploratória, tem como objetivo principal construir um conhecimento inicial sobre o tema, buscando identificar padrões e relações que possam gerar novas hipóteses. Essa abordagem é fundamental para explorar fenômenos, permitindo uma compreensão mais profunda do objeto de estudo (GIL, 2014).

Esta pesquisa caracteriza-se como estudo de caso, visto que se baseia no estudo de um caso particular considerado representativo em um conjunto de casos análogos (GIL, 2014). Além disso, classifica-se como pesquisa bibliográfica, uma vez que foi desenvolvida com base em materiais já publicados como livros, artigos científicos e normas técnicas, que serviram de fundamento teórico para análise do problema investigado (GIL, 2014).

3.2 Materiais e métodos

Na figura 6 é exposto o Fluxograma de Materiais e Métodos, apresentando a sequência utilizada neste trabalho, visando estruturar de forma lógica e sequencial as etapas utilizadas para aplicação da Árvore de Falhas no contexto da Manutenção Centrada na Confiabilidade.

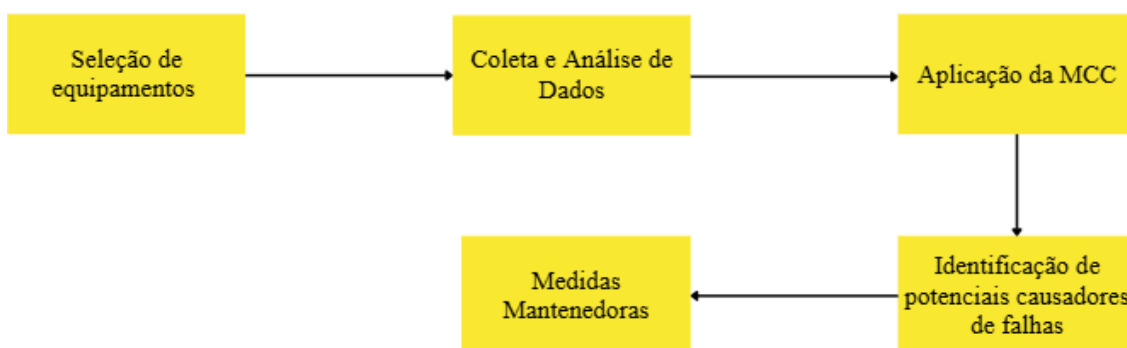


Figura 06: Fluxograma de Materiais e Métodos.
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

Inicialmente, ocorreu a realização da seleção do equipamento a ser estudado, posteriormente o estudo teórico do que abrange a temática introduzida. A seguir, foi elaborada a coleta e análise de dados para identificar as causas raízes da falha apresentada pelo ativo em questão. Por fim, foram sugeridas as medidas necessárias a fim de evitar e mitigar quaisquer chances de o componente vir a falhar e causar prejuízos à operação.

3.3 Variáveis e Indicadores

Para Marconi e Lakatos (2003, p.136):

Uma variável pode ser considerada uma classificação ou medida: uma quantidade que varia, um conceito operacional, que contém ou apresenta valores, aspecto, propriedade ou fator, discernível em um objeto em um objeto de estudo e passível de mensuração.

Prodanov (2013, p.92) define como “características observáveis do fenômeno a ser estudado e existem em todos os tipos de pesquisa. Porém, enquanto nas pesquisas quantitativas elas são medidas, nas qualitativas, elas são descritas ou explicadas”.

Segundo Dockhorn (2019), os indicadores são instrumentos permitem mensurar, monitorar e quantificar desvios, proporcionando uma visão precisa do desempenho operacional. Para Pavani e Scucuglia (2011, p.209) *apud* Silva (2020) a incorporação de indicadores é importante por dois motivos:

- i. Permite a execução do gerenciamento quantitativo da performance de cada processo (ou macroprocesso) definido.
- ii. Permite o estabelecimento de metas de melhoria que mensurem de forma objetiva a eficácia da execução de ações de melhoria nos processos.

Silva (2020, p.104) define indicadores como:

Instrumentos de gestão essenciais nas atividades de controle, monitoramento e avaliação das organizações, incluindo seus projetos, programas e políticas, pois permitem acompanhar o alcance das metas, identificar avanços, melhorias de qualidade, correção de problemas, necessidades de mudança.

A tabela 1 apresenta as variáveis e indicadores presentes nesta pesquisa.

Tabela 1: Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Manutenção Centrada na Confiabilidade	• Equipamento • <i>Software</i> • Mão de Obra • FTA • Performance • Métodos de Manutenção

Fonte: Pesquisa direta (2025).

3.4 Instrumento de coleta de dados

A coleta de dados necessários para a construção deste estudo foi realizada por meio de inspeção in loco no equipamento, análise documental do manual do fabricante e coleta de amostras da graxa lubrificante do distribuidor central.

3.5 Tabulação dos dados

A tabulação dos dados requer a organização das e filtragem das informações fornecidas pela coleta em uma planilha ou tabela, a fim de promover uma melhor manipulação e análise dos dados para geração de gráficos, tabelas dinâmicas e exposição dos resultados. Foram utilizados principalmente os *softwares Microsoft Excel e Word*.

3.6 Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foi discutido as metodologias utilizadas para a elaboração do estudo. Foi empregado o tipo de pesquisa, metodologia, variáveis e indicadores para a construção desse trabalho. Por fim, mostrou-se os instrumentos para coleta de dados e os *softwares* manipulados para a tabulação dos dados.

No capítulo 4 a seguir, será abordado o estudo sobre a Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma empresa do setor alimentício, com os resultados obtidos a partir do que foi apresentado ao longo do trabalho e as conclusões acerca do que foi exposto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como é aplicada a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) para uma engarrafadora de latas de um distribuidor de bebidas?

4.1 Características do setor

A empresa estudada é uma engarrafadora e distribuidora de bebidas internacional. A empresa em questão possui atuação direta em toda cadeia produtiva e logística, ou seja, desde o tratamento da água utilizada, mistura, envase, rotulagem e distribuição para os centros logísticos presentes em diversos estados brasileiros. A figura 7 expõe o processo produtivo utilizado para a fabricação de diversos produtos amplamente consumidos em território nacional.

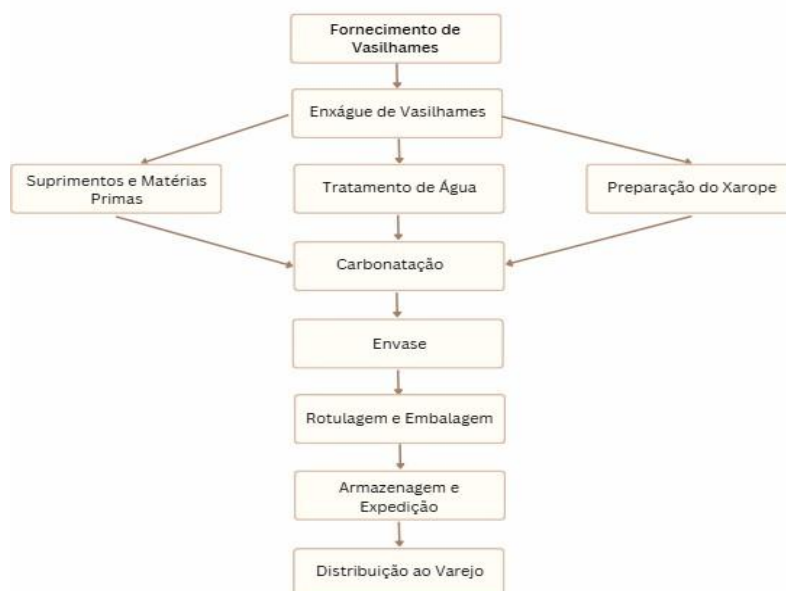


Figura 07: Fluxograma dos processos de fabricação.
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

Conforme a figura 7, o processo inicia-se através do recebimento dos vasilhames que serão utilizados no engarrafamento, onde é realizado uma inspeção para aferir se integridade e a qualidade do material estão dentro as normas requeridas. Então, passam pelo processo de enxágue com o objetivo de remover impurezas e quaisquer partículas presentes em seu interior, conferindo assim, condições higiênicas necessárias para ocorrer o envase posteriormente.

A seguir é realizada a preparação das matérias primas que serão utilizadas na

formulação das bebidas, como a água tratada, açúcar, concentrados e entre outros produtos. A água utilizada no processo é tratada afim de obter os padrões necessários para sua utilização, visto que é um dos principais componentes utilizados no processo. Assim, prepara-se o xarope em que ocorre uma mistura de ingredientes, onde o concentrado é misturado com açúcar e água tratada para conferir o sabor desejado do produto que está sendo produzido.

Com o xarope já preparado é realizado a carbonatação, que consiste em inserir dióxido de carbono (CO₂) sob pressão e temperatura adequada para garantir efervescência a bebida. Após é realizado o envase do produto em diferentes tipos de embalagem, uma vez que podem possuir diferentes tipos de litragem e material, logo após, inicia-se a rotulagem do material para identificar o produto e adicionar informações sobre lote, data de fabricação, vencimento, entre outros.

Com o produto finalizado, são organizados em *pallets* de maneira segura para que não ocorra tombamentos em carregamentos por empilhadeiras na manipulação no estoque ou no momento da expedição em que são carregados em implementos rodoviários do tipo *sider*. A partir do carregamento, os produtos são enviados para os centros de distribuição que estão localizados em pontos estratégicos no território nacional, que por fim, são responsáveis por entregar o produto solicitado ao cliente, podendo ser desde de grandes supermercados até pequenos empreendedores.

Além de um processo produtivo robusto, a companhia possui uma organização otimizada para garantir que a cadeia produtiva opere da maneira mais eficiente possível. Por isso, todos os colaboradores presentes na gerência e coordenação são treinados e capacitados para atuarem dentro dos padrões requisitados. Na figura 8 podemos ver de maneira explícita como é feita essa organização.

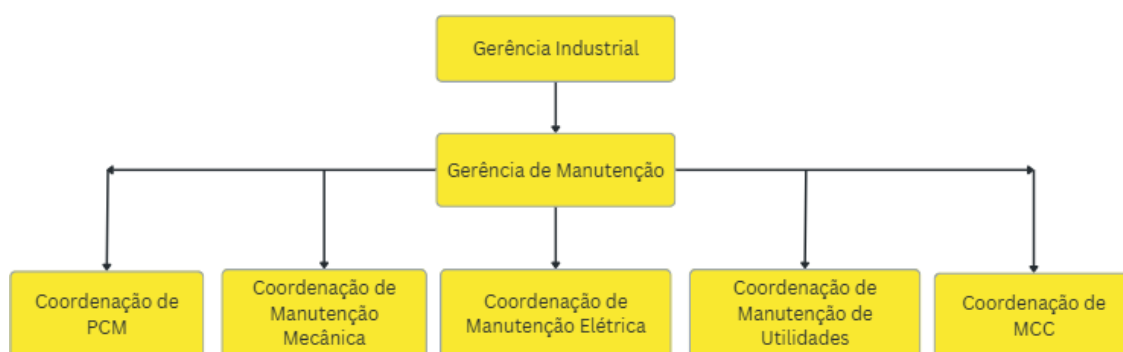


Figura 08: Organograma Industrial.

Fonte: Pesquisa Direta (2025).

A gerência industrial é responsável por gerir todos os processos presentes na planta, sendo reportada por gerências mais nichadas, como a gerência de manutenção.

Esse setor, possui diversas frentes de trabalho nas quais são divididas por coordenações de acordo com a área que necessita de uma expertise maior visto os desafios presentes como por exemplo: PCM, Manutenção Mecânica, Manutenção Elétrica, Manutenção de Utilidades e Manutenção Centrada na Confiabilidade.

A Coordenação de manutenção centrada na confiabilidade (MCC) atua realizando análise de falhas, elaboração de planos preditivos e acompanhamento e elaboração de indicadores de desempenho e eficiência. Ela visa identificar ativos críticos, elaborando estudos através de diversas ferramentas e metodologias como FMEA e FTA para propor medidas para o aumento da disponibilidade e confiança dos equipamentos objetivando reduzir custos de manutenção e paradas não programadas.

4.2 Características do Equipamento

O equipamento é uma engarrafadora de latas fabricada em 2014 do modelo DVD, conforme figura 9, o que significa que a máquina em questão foi projetada para o envase volumétrico de produtos de lata em sob alta pressão.



Figura 09: Engarrafadora de Latas.
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

O sistema de envase de latas DVD estabelece um padrão de higiene e eficiência no processo de enchimento. As peças de transferência de latas são ficadas em colunas de tubos estáveis e os servomotores para a transferência de latas são integrados às colunas, permitindo ótima acessibilidade para limpeza. Ele funciona de acordo com o princípio do enchimento volumétrico que permite uma ótima precisão. Além, o enchimento dinâmico garante resultados consistentes e uniformes para diversas faixas de operação.

A engarrafadora possui um distribuidor giratório central, representado na figura 10, que é responsável pela distribuição dos produtos da parte fixa para uma parte rotativa onde ocorre o enchimento. O cilindro externo realiza o movimento de rotação que é apoiado em rolamentos montados sobre o cilindro interno. Existem vedações entre os rolamentos e as perfurações que ocorrem a descarga de produtos, sendo importantes para que não ocorra o vazamento ou permita contaminação devido a presença de corpos estranhos nas perfurações.

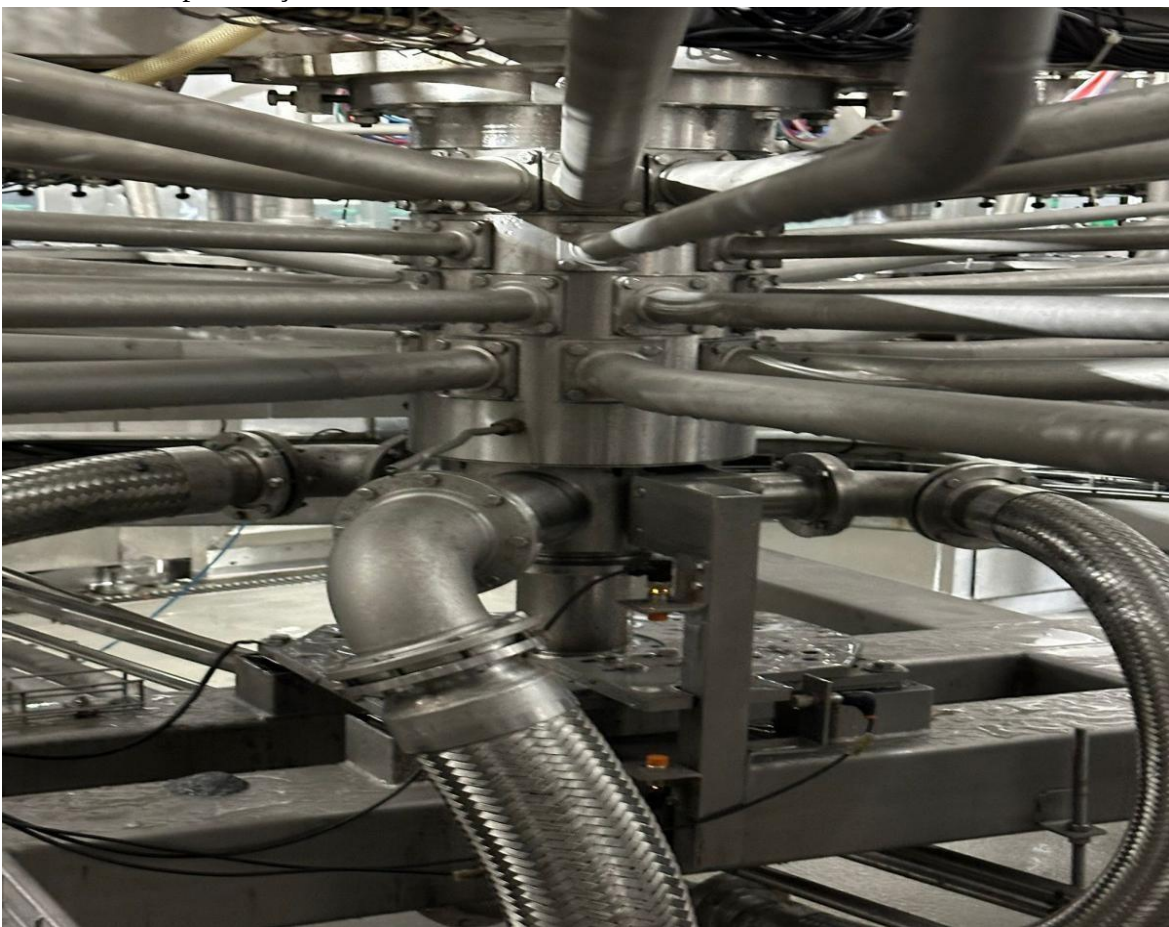


Figura 10: Distribuidor Central da Engarrafadora de Latas.
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

As aberturas destinadas à despressurização estão localizadas entre essas vedações, garantindo o desvio seguro do produto em caso de falha ou ruptura desta vedação. Os rolamentos recebem lubrificação por meio de um sistema centralizado, permitindo o funcionamento contínuo e reduzido do desgaste dos componentes.

4.3 Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade para uma engarrafadora

O estudo realizado teve como início a identificação feita pelos técnicos operacionais da área, na qual foi apontado um escurecimento atípico na graxa utilizada no distribuidor. Tal alteração poderia causar uma falha prematura dos componentes e, conseqüentemente, do maquinário, ou ainda um desgaste excessivo que tornaria necessário a troca do material desgastado.

A partir do fato relatado, foi realizado uma análise do produto a fim de identificar possíveis anomalias presentes no material. Verificou-se a presença elevada de partículas ferrosas, oriundas do processo natural de desgaste do equipamento, indicando que os componentes podem estar submetidos a um grau severo de desgaste. Além disso, a amostra da graxa analisada, apresentou umas concentrações elevadas de outras substâncias, como o Silício por exemplo, que sugere uma contaminação externa ocasionando o aumento da degradação.

Dessa forma, os conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) foram aplicados com o objetivo de identificar a causa raiz da contaminação da graxa, garantir a operação contínua sem quebras inesperadas e um permitir um bom funcionamento do ativo.

A partir da identificação do evento topo, a presença de partículas ferrosas na graxa presente no distribuidor central, tornou-se necessário constatar as possíveis causas associadas ao desgaste prematuro. O digrama de causa efeito foi elaborado respeitando as seis categorias presentes: Método, Mão de Obra, Máquina, Material, Meio Ambiente e Medição, com o objetivo de abranger todos os potenciais fatores que contribuíram para a contaminação, conforme a figura 11.

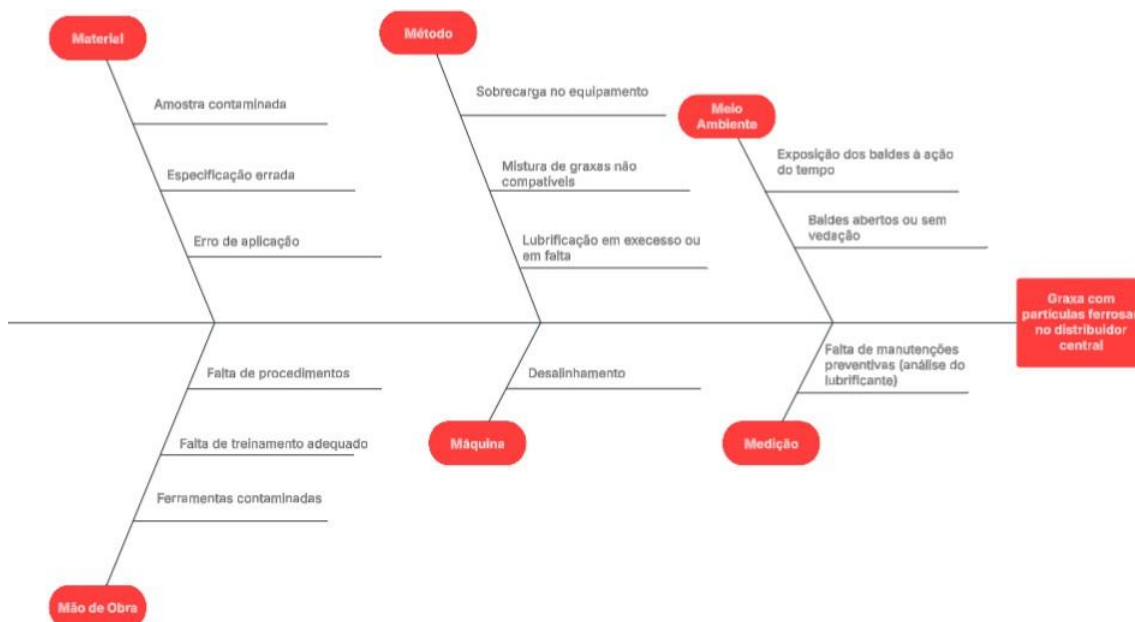


Figura 11: Diagrama Causa e Efeito
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

Iniciando pela categoria Material, conforme figura 11, foram relacionadas características do lubrificante, sendo identificado como principais falhas potenciais: o uso incorreto de lubrificantes, seja pela especificação inadequada, erros na aplicação que não permitiram a formação do filme lubrificante, resultando no aumento do atrito entre os componentes. Adicionalmente, considera-se a possibilidade de que a amostra tenha sido contaminada antes de sua análise, comprometendo a veracidade dos resultados obtidos.

Na categoria Método, foram analisados o processo de lubrificação utilizados. Notou-se que a mistura de graxas incompatíveis, associada à aplicação inadequada, pode ocasionar na ausência de condições tribológicas apropriadas, provocando o aumento do desgaste interno devido à formação deficiente do filme lubrificante que é o responsável por evitar o contato metal-metal. Adicionalmente, a sobrecarga do equipamento também é classificada nesta categoria, uma vez que as condições operacionais inadequadas aceleram o desgaste de inúmeros componentes e contribui diretamente para falhas no sistema.

No item meio ambiente, foram considerados fatores externos ao processo que

podem contribuir para a contaminação do lubrificante. Destacam-se a presença de partículas suspensas no ar, como poeira e umidade, que podem entrar em contato com a graxa quando o armazenamento é realizado de forma inadequada. Situações como recipientes mal vedados, manuseio em áreas contaminadas ou exposição do lubrificante durante as aplicações favorecem a entrada desses contaminantes.

Quanto à Mão de obra, foram levantadas falhas relacionadas ao fator humano que podem favorecer a contaminação do lubrificante e que comprometem o processo. A ausência de procedimentos padronizados, somada à falta de treinamentos, cria-se uma variabilidade nos métodos aplicações e limpeza, visto que não há diretrizes claras a serem seguidas pelos colaboradores responsáveis. Além disso, a utilização de ferramentas contaminadas, introduz partículas impuras diretamente no lubrificante e logo em seguida no sistema.

Já na categoria Máquina foram avaliadas as condições de operacionais do equipamento. Identificou-se um desalinhamento dos conjuntos mecânicos, o que pode contribuir para o aumento do contato metal-metal e vibrações anormais, ocasionando a formação de limalhas metálicas que podem incorporar à graxa. Na medição foi abordado aspectos relacionados ao monitoramento e controle da condição do sistema. Ausência de análises periódicas da graxa e de inspeções rotineiras, recorrente da falta de manutenção preventiva, dificulta identificação de anomalias de maneira antecipada.

Como etapa preliminar, o Diagrama Causa e Efeito possibilita a identificação todas as possíveis causas associadas ao evento topo. A partir das causas levantadas, o passo seguinte consiste na elaboração Árvore de Falhas que, de forma dedutiva e estruturada, combina as deficiências operacionais detectadas em uma sequência lógica, permitindo aprofundar a análise das origens do problema.

A Árvore de Falhas inicia-se com a identificação do evento topo, representado pela contaminação da graxa decorrente da presença de partículas ferrosas no distribuidor central. A partir desse evento indesejado, são identificados e organizados, de forma lógica e dedutiva, os eventos intermediários e os eventos básicos que contribuíram para a ocorrência da falha, conforme as figuras 12 e 13.

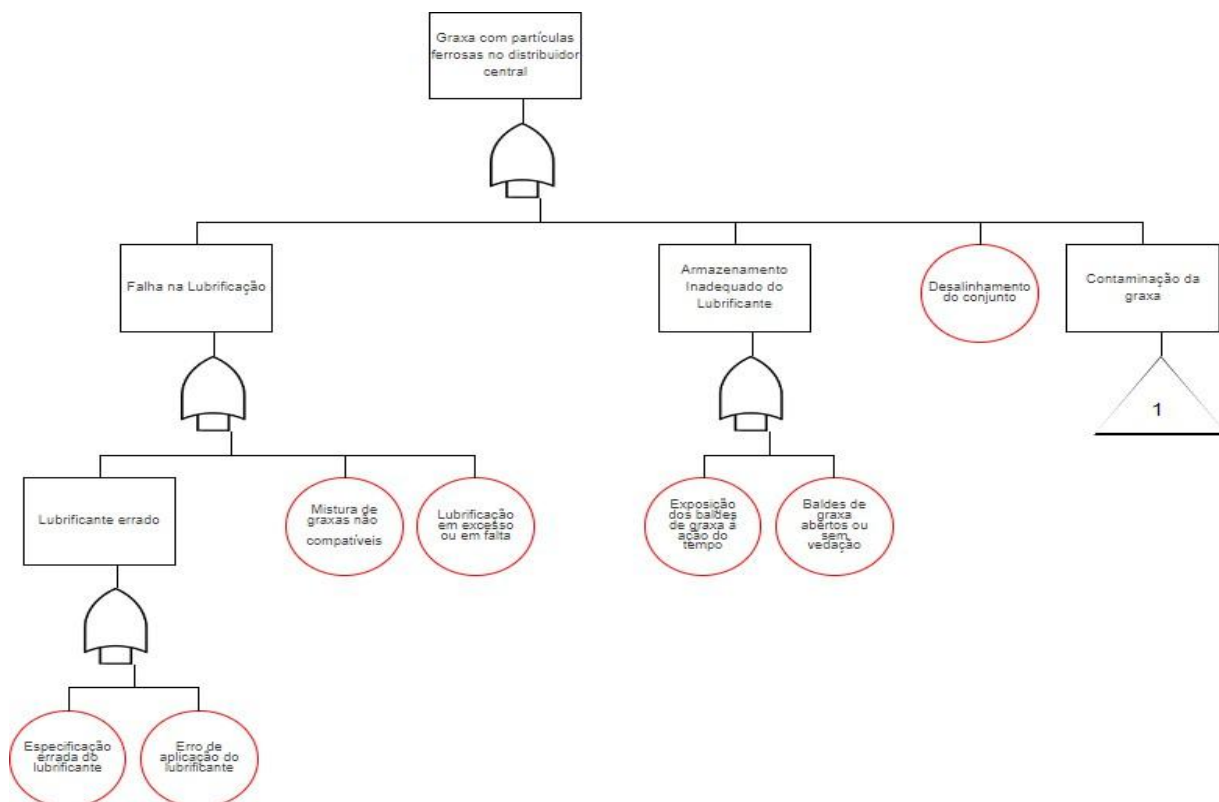


Figura 12: Árvore de Falhas
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

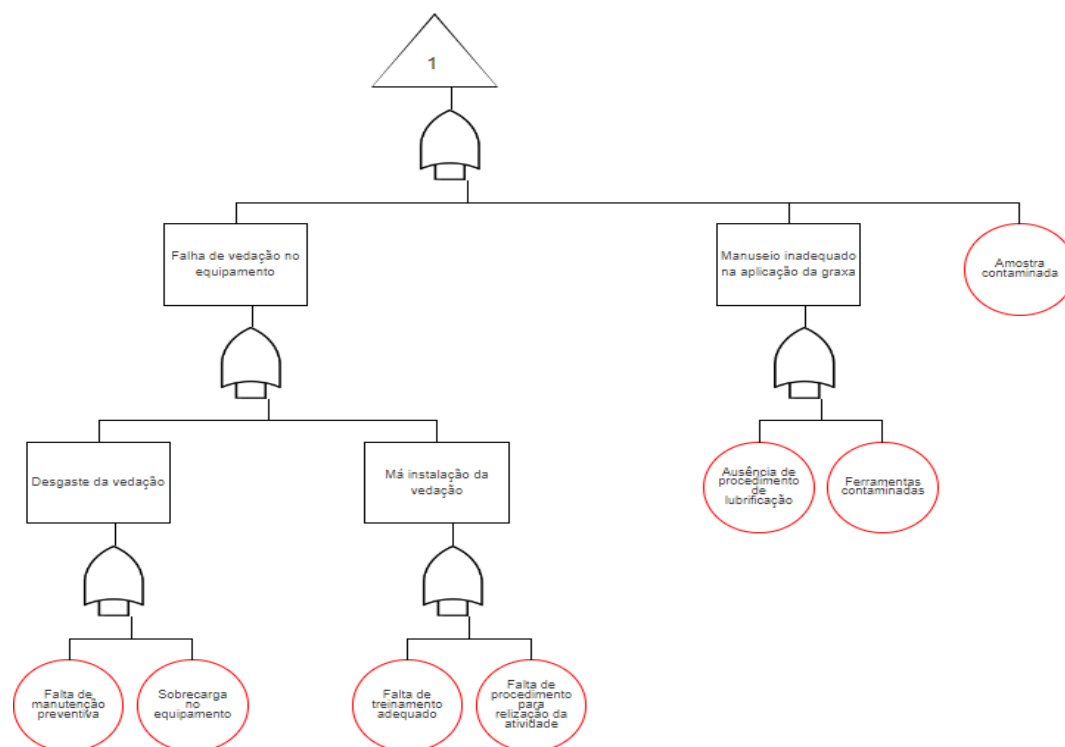


Figura 13: Árvore de Falhas
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

A figura 12 e 13, divide a árvore de falhas em três grandes ramos principais, sendo eles: falhas relacionadas a falha na lubrificação, ao armazenamento inadequado e a contaminação da graxa. O primeiro conjunto de falhas contribui diretamente para a ocorrência do evento topo e pode ser causado por diversos fatores representados na árvore. Inicialmente, destaca-se o uso de lubrificante incorreto, o qual está associado a duas causas primárias: a especificação inadequada, onde as propriedades do produto selecionado são incompatíveis com as condições de operação do ativo e o erro de aplicação, caracterizado pela aplicação em local inadequado do equipamento ou pela falta de conhecimento das normas técnicas e métodos corretos para execução do serviço.

Na sequência, duas causas primárias contribuem para a ineficiência na lubrificação: a mistura de graxas não compatíveis, na qual a utilização simultânea de produtos distintos pode proporcionar reações indesejadas no sistema, e a lubrificação em excesso ou em falta, que, quando realizada fora dos limites recomendados pelo fabricante do equipamento, compromete o pleno funcionamento do sistema de lubrificação e operacional.

O armazenamento inadequado configura-se como um evento intermediário que está relacionado com dois eventos primários: a exposição dos recipientes contendo graxa a ambientes hostis nos quais suas propriedades podem ser degradadas, e a utilização de

recipientes abertos ou sem vedação adequada, que facilita a contaminação direta por agentes presentes no ambiente. O desalinhamento do conjunto é classificado como um evento básico diretamente ligado ao evento topo, sem a dependência de outros eventos, uma vez que provoca uma vibração excessiva, podendo ocasionar deformações nas vedações e abertura de folgas favorecem a entrada de contaminantes no sistema.

Por fim, a contaminação da graxa está associada à dois eventos intermediários relevantes: falha na vedação do sistema e manuseio inadequado durante a aplicação da graxa, os quais atuam criticamente na Árvore de Falhas, contribuindo significativamente para a ocorrência do evento topo. A falha na vedação está relacionada a duas causas fundamentais: ao desgaste do componente, decorrente da ausência de inspeções preventivas regulares que não permitiram o monitoramento da condição de funcionamento, levando a operar além da sua vida útil estabelecida, e a sobrecarga no equipamento, na qual as condições operacionais excedem os limites da capacidade projetada, acelerando o processo de fadiga e consequentemente a degradação da vedação.

Além disso, à má instalação da vedação no equipamento apresenta relação direta com a falha principal. De acordo com o FTA elaborado na figura 13, a falta de capacitação da equipe e a ausência de procedimentos formais para a implantação do sistema influenciam diretamente a qualidade do serviço executado e na probabilidade de erros durante o processo. Ambos fatores afetam e comprometem significativamente a estanqueidade do maquinário e permitindo o ingresso de contaminantes externos.

O segundo evento intermediário de grande impacto na contaminação da graxa é o manuseio inadequado durante o processo de aplicação, seja nas etapas de lubrificação pré-montagem ou durante manutenções. Assim como foi explicitado a ausência de procedimentos formais para a instalação das vedações, a manipulação da graxa também sofre com a falta de informativos técnicos acerca de como é feita a lubrificação que ocasiona em erros de quantidade ou aplicação em superfícies contaminadas e além o uso de ferramentas (pistolas de graxa, bombas, espátulas e medidores de volume) que não passaram por higienização e se tornaram mecanismos de propagação de contaminantes.

Por fim, considera-se a possibilidade de a própria amostra estar previamente contaminada, uma vez que a coleta da graxa para análise requer cuidados específicos. A coleta inadequada, a falta de limpeza do ponto de amostragem e a utilização de recipientes reutilizados sem higiene adequada comprometem a assertividade da amostra e podem conferir resultados errôneos da análise.

A aplicação da Árvore de Falhas permitiu identificar, de forma clara, as principais causas básicas, intermediárias e primárias associadas ao evento topo. A partir dessa

análise, foi possível compreender que o problema não está restrito apenas a um fator isolado, mas que resulta da combinação de diversos fatores como: falhas relacionadas à lubrificação, ao armazenamento, condições operacionais e à ausência de procedimentos e controles adequados

Após a elaboração da Árvore de Falhas (FTA) e a identificação das causas básicas que influenciaram diretamente para o evento topo, contaminação da graxa com partículas metálicas, foi elaborado um plano de ações, conforme a tabela 2, contendo inúmeras medidas corretivas e preventivas. O objetivo desse plano é eliminar ou mitigar as causas levantadas, de modo a evitar recorrência na contaminação novamente. Na elaboração do plano de ações, as causas primárias identificadas são listadas e definidas ações correspondentes para cada evento, visando solucioná-los, identificando os responsáveis por elas, onde será realizado e a data prevista para conclusão das contramedidas.

Tabela 2: Plano de Ação

Evento	Ação	Quem	Onde	Data
Especificação errada do lubrificante	Verificar a especificação no manual do fabricante	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Erro de aplicação do lubrificante	Verificar qual é o lubrificante especificado no plano	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Erro de aplicação do lubrificante	Verificar qual é a graxa que está sendo utilizada	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Mistura de graxas não compatíveis	Solicitar um laudo acerca da compatibilidade das graxas utilizadas	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Lubrificação em excesso ou em falta	Verificar in-loco como é feito o procedimento de lubrificação	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Exposição dos baldes de graxa à ação do tempo	Verificar as condições do armazenamento do lubrificante	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Baldes de graxa abertos ou sem vedação	Verificar o estado de vedação dos baldes	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Falta de manutenção preventiva	Verificar/elaborar plano de manutenção preventiva do distribuidor	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Falta de manutenção preventiva	Verificar execução do plano de manutenção do distribuidor	Colaborador	Equipamento	15/03/2024
Sobrecarga no equipamento	Verificar possível sobrecarga no equipamento	Colaborador	Equipamento	29/03/2024

Fonte: Pesquisa Direta (2025).

Assim, a partir da análise minuciosa da Árvore de Falhas (FTA), inúmeras causas potenciais relacionadas ao evento topo foram identificadas e inseridas no plano de ação, especificados na tabela 2. Embora de todas ações listadas apresentarem um papel relevante no controle dos eventos analisados, algumas se destacam pelo maior impacto no evento topo, dessa forma, são consideradas essenciais para a resolução do problema.

Dentre as ações classificadas como essenciais, destacam-se, inicialmente, a verificação da especificação do lubrificante no manual do fabricante, uma vez que a escolha inadequada da graxa foi identificada no FTA como uma das causas básicas mais críticas, capaz de ocasionar diversos problemas citados anteriormente, tais como, má formação do filme lubrificante, aumento do atrito e do desgaste. Ao realizar o levantamento das informações presentes no manual do fabricante, conforme figura 16, verificou-se que a lubrificação deve ocorrer a cada 170 horas de operação ou quando a mensagem de ausência de lubrificante for exibida no painel do equipamento. Esse procedimento simples de checagem do manual, ilustrado na figura 14, garante o abastecimento adequado do reservatório, evitando tanto a lubrificação excessiva quanto a insuficiente.

(1)	Lubrificação central, Recipiente de lubrificante	
	a cada 170 horas de operação ou após a mensagem "Falta de lubrificante" no terminal de controle.	Verificar o nível de enchimento e abastecer o lubrificante indicado através do bocal de enchimento: veja dados do fabricante na "Documentação de peças adquiridas".

Figura 14: Manual do fabricante
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

A recomendação identificada no manual do fabricante, exposto na figura 14, evidencia necessidade de inspeção e reposição do lubrificante, reforçando que o controle do nível de lubrificante conforme horas de operação ou nível abaixo especificado é essencial para o desempenho adequado do sistema de lubrificação, consequentemente, do maquinário.

A seguir, outra contramedida prevista no plano de ações contempla medidas voltadas à padronização dos procedimentos de lubrificação, conforme na figura 15. Foi constatado que o lubrificante padrão para a ser utilizado respeita a norma DIN 5150, possuindo com base sintética e classificação KP 2K-20, além de relacionar marcas homologadas de diferentes fabricantes que possuem compatibilidade entre si.

Entretanto, o próprio manual do fabricante é explícita a proibição da mistura de lubrificantes, mesmo quando pertencem ao grupo de classificação. Tal restrição se justifica pelo fato de que graxas distintas podem conter diferentes tipos de espessantes, óleos básicos e aditivos, onde suas interações químicas podem resultar em perda de consistência e degradação de suas propriedades lubrificantes, favorecendo a ocorrência de falhas no equipamento.

Tabela de lubrificantes padrão				8/8	01.05.12
Tipo ⇒	Graxas lubrificantes / água 0-90 DIN 51502				
	Adequado para uma lubrificação central				Graxa para engrenagens
Base ⇒	À base de óleo mineral		À base de lubrificante sintético		
Denominação DIN 5150 ⇒					
Fabricante ⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩

Figura 15: Tabela de lubrificação padrão do fabricante
Fonte: Pesquisa Direta (2025).

Portanto, a partir das análises realizadas ao longo deste capítulo, foi possível aplicar de forma clara os conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). A identificação do evento topo, a utilização das ferramentas de análise de falhas, como Diagrama de Causa e Efeito e a Árvore de Falhas (FTA), permitiram compreender de maneira ampla os mecanismos que levaram a contaminação e degradação da graxa lubrificante. Dessa maneira, o Capítulo 4, consolidou o diagnóstico técnico da falha, servindo como base para ações corretivas e preventivas, bem como para as conclusões e recomendações apresentadas no capítulo a seguir.

5 Conclusão e Recomendações

5.1 Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo analisar a degradação prematura da graxa lubrificante utilizada no distribuidor central de uma engarrafadora de latas, a partir da aplicação de ferramentas da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). O início partiu da identificação, em campo, do escurecimento atípico da graxa, condição que poderia resultar em falhas prematuras, aumento do desgaste de componentes e comprometimento operacional do equipamento. Portanto, o estudo objetivou abordar e esclarecer a seguinte questão: Como aplicar a Manutenção Centrada na Confiabilidade em um distribuidor central de uma engarrafadora de latas?

Inicialmente, foi definido o evento topo como a presença de partículas metálicas na graxa, caracterizando sua contaminação. A partir disso, foi elaborado um Diagrama de Causa e Efeito, considerando as seis categorias (Método, Mão de obra, Máquina, Material, Meio ambiente e Medição), permitindo a identificação ampla dos fatores que poderiam contribuir para esse problema. Adiante, as causas foram organizadas de forma lógica por meio da utilização da Árvore de Falhas, possibilitando a distinção entre eventos básicos, intermediários e suas correlações com o evento topo.

Dessa forma, a integração entre a MCC e FTA permitiram identificar de maneira clara as causas da falha, explicitando que a contaminação da graxa foi consequência de uma combinação de fatores operacionais, ambientais e de manutenção, culminando na degradação do lubrificante e aumento do desgaste dos componentes do equipamento.

5.2 Recomendações

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, foi possível identificar possibilidades de aprofundamento no estudo por meio de estudos mais aprofundados. Dessa forma, apresenta-se algumas recomendações de trabalhos futuros que visam ampliar as ferramentas e metodologias empregadas.

Aplicação de análise quantitativa de confiabilidade, com levantamento de dados históricos de falhas para cálculo de MTBF, MTTR e DF;

Implantação de um plano de monitoramento em tempo real da condição do sistema de lubrificação, com definição de indicadores de desempenho e critérios de intervenção preventiva;

Desenvolvimento de um modelo de gestão de ativos voltado à melhoria contínua, integrando confiabilidade, planejamento da manutenção e controle operacional.

.

REFERÊNCIAS

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

ASTM INTERNATIONAL. **Standard test methods for cone penetration of lubricating grease**. ASTM D217-02. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2002.

BUENO, Edson Roberto Ferreira. **Gestão da manutenção de máquinas** [recurso eletrônico]. Curitiba: Contentus, 2020.

BUENO, Willie Alves. **Manual de espectroscopia vibracional**. São Paulo, 1989.

CARRETEIRO, Ronald P.; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. Rio de Janeiro: Interciência; Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2006.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; DUARTE, José Luis Ribeiro. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

GIL. Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo. 2014

IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark; Petrobras, 2009.

LABDGE – LABORATÓRIO DE GESTÃO DA ENGENHARIA. **Diagrama de Ishikawa**. 2022. Disponível em: <https://labdge.uff.br/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 06 fev. 2026.

LACAPC – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier**. Disponível em: <https://sites.google.com/usp.br/lacapc/o-laboratório/Metodologias/Tecnicas-espectroscopicas/espectroscopia-de-infravermelho-por-transformada-de-fourier>. Acesso em: 06 fev. 2026.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual da confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark; Petrobras, 2001.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

MOBLEY, R. Keith. **Maintenance fundamentals**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2004.

MOUBRAY, John. **Manutenção centrada na confiabilidade (RCM)**. São Paulo: Durban; EBRAS – Editora Brasileira, 1989.

MOUCHY, Max. **Manutenção industrial: organização, métodos e técnicas**. São Paulo: Durban; EBRAS – Editora Brasileira, 1989.

NAKAMOTO, Kazuo. **Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds**. New York: Wiley, 1986.

NLGI – NATIONAL LUBRICATING GREASE INSTITUTE. **Grease glossary**. Disponível em: <https://www.nlgi.org/grease-glossary/#letter|0>. Acesso em: 06 fev. 2026.

SELEME, Robson. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento** [livro eletrônico]. Curitiba: InterSaberes, 2015.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle de qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: InterSaberes, 2012.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUSA, E. R.; FROTA, C. S.; COSTA, C. H. C.; SILVA, G. S.; SAMPAIO, D. G. Avaliação da oxidação e de parâmetros de qualidade do óleo de babaçu por espectroscopia no infravermelho médio com transformada de Fourier (FTIR) e calibração multivariada. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, p. 849–865, 2019.

TOZZETO, Adriana. **Análise exploratória de adoçantes de mesa via espectroscopia no infravermelho (FTIR) e análise por componentes principais (ACP)**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”. **Apresentação — FT-Raman / FTIR**. 2024. Disponível em: <https://www.iq.unesp.br/#!/lacaque/ft-raman---ftir/apresentacao/>. Acesso em: 06 fev. 2026.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **Manual de gestão da manutenção**. v. 1. 1. ed. Brasília: Engeletes, 2020.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WILLIAMS, Richard L. **Como implantar a qualidade total na sua empresa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

XENOS, Harilaus Georgius de Philippus. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Belo Horizonte: EDG – Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.