

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA  
FONSECA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**EDUARDO DE MELO BLOIS**

**GESTÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE FREEZERS EM UMA FÁBRICA  
DE SORVETE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**RIO DE JANEIRO  
2025**

**EDUARDO DE MELO BLOIS**

**GESTÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE FREEZERS EM UMA FÁBRICA  
DE SORVETE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia Mecânica, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Orientador: Prof. Dr. Felipe do Carmo Amorim

**RIO DE JANEIRO  
2025**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

B652 Blois, Eduardo de Melo  
Gestão de manutenção preventiva de freezers em uma fábrica  
de sorvete / Eduardo de Melo Blois. — 2025.  
56f. : il.(algumas color). ; enc.

Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação  
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2025.

Bibliografia : f. 54-56

Orientador: Felipe do Carmo Amorim

1. Engenharia mecânica. 2. Refrigeradores – Manutenção e  
reparos. 3. Refrigeradores – Prevenção. 4. Controle de qualidade.  
5. Gestão da qualidade total. 6. Sorvetes, gelados, etc – Indústria.  
I. Amorim, Felipe do Carmo. (Orient.). II. Título.

CDD 621

## **AGRADECIMENTOS**

É impossível registrar aqui todos os nomes e expressar completamente minha gratidão a todas as pessoas que fizeram parte desta importante etapa da minha vida. Por isso, peço desculpas àquelas que não estão mencionadas diretamente, mas saibam que cada uma ocupa um espaço especial em minha memória e no meu coração.

Agradeço primeiramente à minha família: meus pais, Tereza e Carlos Eduardo, e meu irmão Pedro, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio incondicional ao longo deste percurso. Sou igualmente grato aos meus avós, Alberto e Ana Luiza, por me inspirarem com suas palavras de incentivo e pela força que sempre me transmitiram.

Quero também expressar minha gratidão à minha namorada, Letícia, que, além de sua imensa paciência, contribuiu significativamente com seus conhecimentos, ajudando-me a superar desafios. Aos meus grandes amigos do Colégio de São Bento, meu mais sincero agradecimento por terem sido uma fonte constante de alegria, apoio e companheirismo durante todos esses anos.

Por fim, deixo um agradecimento especial ao meu orientador, Dr. Felipe do Carmo Amorim, cuja orientação foi fundamental para transformar minhas ideias em um projeto final concreto e consistente.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para o meu crescimento pessoal e acadêmico, meu mais profundo e sincero agradecimento.

## RESUMO

BLOIS, Eduardo. **Gestão de manutenção preventiva de freezers em uma fábrica de sorvetes**: 2025. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2025.

Na operação de uma fábrica de sorvete, destacou-se que os *freezers* desempenham um papel crucial na produção, com especial atenção para o componente do *dasher* e as bombas de abastecimento, onde foram observadas as principais falhas. Devido à sua alta frequência de troca e ao contato direto com os alimentos, o *dasher* e suas facas apresentam maior probabilidade de falhas em comparação com outras peças. Portanto, a manutenção preventiva desse componente é vital para assegurar a segurança e a qualidade dos alimentos, prevenindo qualquer risco de contaminação. Este trabalho visa minimizar tais falhas, reduzindo custos e integrando métodos de gestão de qualidade aplicados à manutenção com os desafios específicos relacionados ao *dasher* e bombas dos *freezers*. O objetivo é criar um processo com linguagem técnica e objetiva, tornando-o replicável não apenas para outros componentes, mas também para outras empresas. O trabalho inicia-se com uma explanação sobre a evolução da teoria da gestão de qualidade e gestão da manutenção, seguida pela apresentação de ferramentas e suas aplicações pertinentes. Em seguida, são abordados detalhes sobre o funcionamento de um *freezer* e a função do *dasher* e as bombas, seus materiais e funções. Por fim, são utilizadas quatro ferramentas e sistemas de tomada de decisão, Ishikawa, FMEA, GUT e 5W2H, embasados na Gestão da Qualidade Total (TQM), para identificar todas as etapas envolvidas no processo de gestão da manutenção. O Diagrama de Ishikawa é empregado para identificar as falhas, seguido pela Matriz GUT para priorização das falhas identificadas, FMEA para análise detalhada das causas, e, finalmente, a ferramenta 5W2H é utilizada para desenvolver um plano de ação, visando prevenir acidentes e garantir aplicabilidade em outros componentes e empresas.

**Palavras-chave:** *Dasher*. *Freezer*. Bombas. Manutenção. Fábrica.

## ABSTRACT

BLOIS, Eduardo. **Management of preventive maintenance of freezers in an ice cream factory**: 2025. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Federal Center of Technological Education – Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2025.

In the operation of an ice cream factory, it was highlighted that freezers play a crucial role in production, with special attention to the dasher component, where the main failures were observed. Due to their high replacement frequency and direct contact with food, the dasher and its knives are more likely to fail compared to other parts. Therefore, preventive maintenance of this component is vital to ensure the safety and quality of food, preventing any risk of contamination. This work aims to minimize such failures, reducing costs and integrating quality management methods applied to maintenance with the specific challenges related to the freezer dasher. The objective is to create a process with technical and objective language, making it replicable not only for other components, but also for other companies. The work begins with an explanation of the evolution of the theory of quality management and maintenance management, followed by the presentation of tools and their relevant applications. Next, details about the freezer dasher, its materials and functions are covered. Finally, four decision-making tools and systems are used, Ishikawa, FMEA, GUT and 5W2H, based on Total Quality Management (TQM), to identify all steps involved in the maintenance management process. The Ishikawa Diagram is used to identify failures, followed by the GUT Matrix for prioritizing identified failures, the FMEA for detailed analysis of the causes, , and, finally, the 5W2H tool is used to develop an action plan, aiming to prevent accidents and ensure applicability to other components and companies.

**Keywords:** *Dasher. Freezer. Maintenance. Factory.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Freezers abertos com dasher e bombas (fonte própria 2024) .....	11
Figura 2 - Organograma de Manutenção (fonte própria 2024) .....	18
Figura 3 - Diagrama de Ishikawa (Formighieri 2021) .....	22
Figura 4 - Freezer Congelador Contínuo de Sorvete (TetraPak 2021).....	30
Figura 5 - Esquema de funcionamento do dasher (adaptada de Hartel 2019) .....	31
Figura 6 - Interior do Freezer (adaptada de Hartel 2019).....	32
Figura 7 - Dasher do Freezer (adaptada de TetraPak 2021) .....	33
Figura 8 - Dasher e facas (TetraPak 2021) .....	34
Figura 9 - Facas e suas medidas (TetraPak 2021) .....	34
Figura 10 - Bomba do freezer montada (TetraPak 2021).....	35
Figura 11 - Bomba do freezer (vista explodida) (TetraPak 2021).....	36
Figura 12 - Fluxo de aplicação das ferramentas da qualidade (fonte própria 2024)..	38
Figura 13 - Distribuição de falhas x componentes (fonte própria 2024) .....	40
Figura 14 - Aplicação do Diagrama de Ishikawa (fonte própria 2024).....	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Eras da qualidade (adaptado de Garvin 1992).....	20
Quadro 2 – Matriz GUT (Napoleão 2019) .....	23
Quadro 3 – Escala de gravidade (adaptado de Stamatis 2003).....	26
Quadro 4 – Escala de frequência de ocorrência (adaptado de Ford 2011).....	26
Quadro 5 – Escala de detecção (adaptado de Stamatis 2003) .....	27
Quadro 6 - Escala de detecção com base no método de detecção (adaptado de Stamatis 2003) .....	27
Quadro 7 – 7 perguntas essenciais 5W2H (adaptado de AVILA 2016).....	28
Quadro 8 - Principais causas de falhas (fonte própria 2024) .....	40
Quadro 9 - Resumo do Diagrama de Ishikawa (fonte própria 2024) .....	43
Quadro 10 - Aplicação da Matriz GUT (fonte própria 2024) .....	44
Quadro 11 - Ranking de priorização das falhas (fonte própria 2024) .....	45
Quadro 12 - Aplicação de FMEA (fonte própria 2024) .....	46
Quadro 13 - Aplicação de 5W2H para falha prioridade 1 (fonte própria 2024).....	47
Quadro 14 - Aplicação de 5W2H para falha prioridade 2 (fonte própria 2024).....	49
Quadro 15 - Aplicação de 5W2H para falha prioridade 3 (fonte própria 2024).....	50

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	9
1.2 MOTIVAÇÃO .....	10
1.3 OBJETIVO .....	11
1.4 ESTRUTURA E METODOLOGIA .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 MANUTENÇÃO .....	14
2.1.1 Gestão de Manutenção.....	14
2.1.2 Tipos de Manutenção .....	15
2.1.2.1 Manutenção Corretiva.....	15
2.1.2.2 Manutenção Preventiva .....	16
2.2 GESTÃO DA QUALIDADE .....	18
2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	21
2.3.1 Diagrama de Ishikawa .....	22
2.3.2 Matriz GUT.....	22
2.3.3 FMEA.....	23
2.3.3.1 Índice de Gravidade (G).....	25
2.3.3.2 Índice de Ocorrência (O).....	26
2.3.3.3 Índice de Detecção (D) .....	27
2.3.4 Ferramenta 5W2H .....	28
2.4 QUALIDADE NA GESTÃO DE MANUTENÇÃO .....	29
2.5 FREEZER DE SORVETE .....	29
2.5.1 Funcionamento do Freezer .....	31
2.5.2 Especificação dos componentes.....	32
2.5.2.1 <i>Dasher</i> .....	32
2.5.2.2 Bombas.....	35
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
3.1 ORDEM DE APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS .....	37
<b>4 DISCUSSÕES E RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
4.1 FALHAS .....	39
4.2 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE.....	41
4.2.1 Aplicação - Diagrama de Ishikawa.....	41
4.2.2 Aplicação - Matriz GUT .....	43
4.2.3 Aplicação - FMEA .....	45
4.2.4 Aplicação - 5W2H .....	46
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>54</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O avanço da tecnologia na indústria tem sido um dos principais motores de transformação econômica e social ao longo dos séculos. Desde a Primeira Revolução Industrial, que introduziu a mecanização dos processos produtivos, até a atual revolução tecnológica, conhecida como Indústria 4.0, a inovação tem desempenhado um papel crucial na evolução das práticas industriais. A Indústria 4.0 representa uma nova era em que a digitalização e a interconexão das máquinas e processos estão moldando a maneira como as fábricas operam, trazendo consigo uma série de oportunidades e desafios.

De forma gradual, foi-se compreendendo por parte das companhias que para redução de custos e avanço produtivo, seria necessário desenvolver um novo modelo. Unindo essa necessidade latente às oportunidades de mercado num mundo pós Segunda Guerra, foram desenvolvidos novos métodos e ferramentas de análise processual. A junção desses conceitos, que leva em consideração um acompanhamento rigoroso, foi chamado de Gestão de Qualidade Total.

A Gestão de Qualidade Total (GQT), ou *Total Quality Management (TQM)*, surgiu no Japão após a Segunda Guerra Mundial, inspirada nos trabalhos de especialistas em qualidade como W. Edwards Deming, Joseph Juran e Kaoru Ishikawa. Esses especialistas introduziram métodos estatísticos e conceitos de qualidade que ajudaram as indústrias japonesas a se reconstruírem e se tornarem competitivas globalmente. Sendo assim, a GQT é uma abordagem de gerenciamento que visa a melhoria contínua de produtos, serviços e processos, com os membros da organização, desde a alta administração até os funcionários da base produtiva.

Ainda na década de 80, as normas ISO9000 foram publicadas em 1987 pela *International Organization for Standardization (ISO)*. Essas normas foram desenvolvidas com o objetivo de fornecer uma estrutura para a gestão da qualidade em organizações, visando garantir padrões de qualidade capazes de atender a expectativa dos clientes, visando assim uma melhoria contínua.

Com o tempo e o início da década de 80, os produtos japoneses chegavam ao mercado com alto grau de qualidade e preços muito competitivos, abrindo os olhos

do mundo para a gestão que estava sendo aplicada por lá, principalmente empresas norte-americanas e europeias. A partir daí, com o aumento da competitividade desse mercado foram disseminadas as ferramentas e processos de qualidade surgidos no Japão.

A Indústria, atualmente, é caracterizada pela integração de tecnologias avançadas como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), *big data*, computação em nuvem e automação. Esses avanços permitem a criação de fábricas inteligentes, onde sistemas monitoram os processos físicos com o objetivo de fornecer dados assertivos para tomada de decisão.

Dentro deste novo paradigma, a gestão de manutenção preventiva surge como um elemento crucial para garantir a eficiência, a confiabilidade e a longevidade dos ativos industriais. Ao contrário da manutenção reativa, que intervém após a ocorrência de falhas, a manutenção preventiva envolve a realização de atividades de manutenção em intervalos regulares ou com base em critérios específicos para evitar a ocorrência de falhas. Com todo esse avanço, a manutenção preventiva se beneficia enormemente das tecnologias emergentes e práticas da gestão de qualidade, permitindo uma abordagem mais sofisticada e eficaz.

Além disso, a integração de sistemas de gestão de manutenção com outras plataformas, como ERP (*Enterprise Resource Planning*) e MES (*Manufacturing Execution System*), proporciona uma visão coordenada e abrangente das operações industriais, permitindo uma gestão mais eficiente e alinhada aos objetivos estratégicos da empresa.

## 1.2 MOTIVAÇÃO

A segurança alimentar é um tema de extrema importância, especialmente em um país como o Brasil, onde as doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA) ainda representam um desafio significativo para a saúde pública. Dados do Ministério da Saúde revelam que, entre 2007 e 2020, foram registrados 156.691 casos de pessoas afetadas por essas doenças, muitas delas associadas à contaminação alimentar. Esse cenário destaca a necessidade urgente de medidas eficazes para

prevenir contaminações, sobretudo em operações de grande escala no setor alimentício.

Nesse contexto, a gestão de manutenção preventiva desempenha um papel crucial. Ela não apenas assegura a eficiência e a confiabilidade dos equipamentos, mas também reduz os riscos de falhas que possam comprometer a qualidade dos alimentos. Assim, a aplicação de ferramentas analíticas e a integração de informações tornam-se indispensáveis para uma gestão mais robusta, capaz de prevenir problemas e garantir a segurança alimentar em larga escala.

### 1.3 OBJETIVO

Iniciando com os conceitos de funcionamento de um Freezer Industrial voltado a sorvetes, com foco no *dasher* (batedor) e as bombas de abastecimento. Esses componentes foram escolhidos como foco por se tratarem dos mais expostos a contaminação alimentar, com alta frequência de inspeções, se comparado à outras peças. Dessa forma, se tratando do maior desafio quando se fala de manutenção preventiva. Na figura 1 é possível ver três *freezers*, seus *dashers* e bombas.

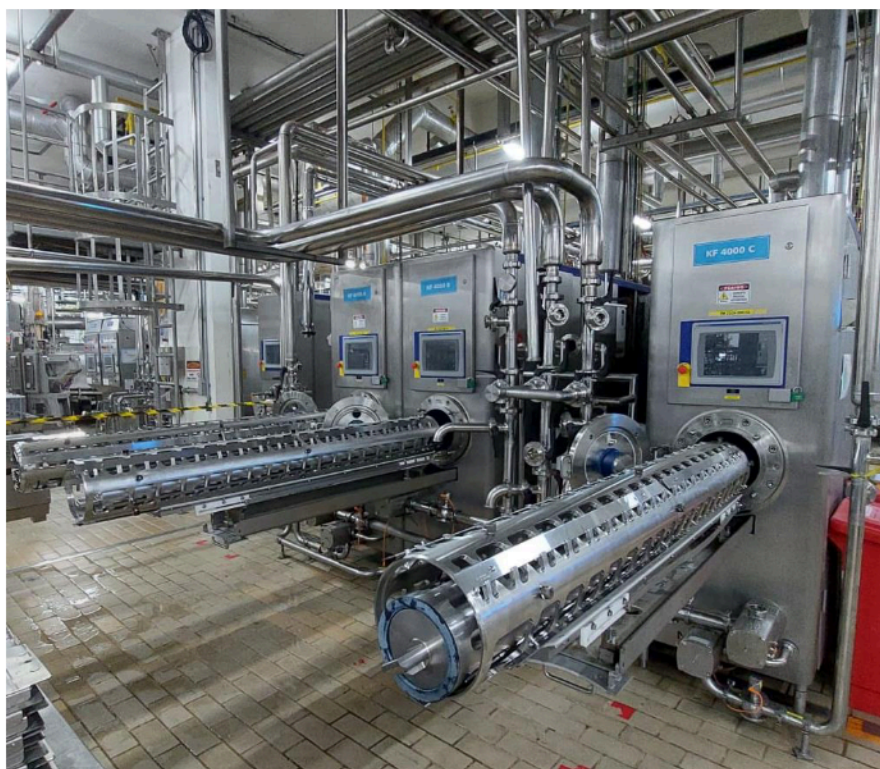


Figura 1 - Freezers abertos com dasher e bombas (fonte própria 2024)

Assim, cruzando esse entendimento com os conceitos e ferramentas da Gestão de Qualidade Total, é possível entender o ambiente de manutenção em uma fábrica de grande porte. Integrando assim, uma base de estudo sólida para entender os melhores caminhos e decisões para a gestão de manutenção desses equipamentos.

O objetivo principal do projeto trata-se desenvolver um estudo de caso, fundamentado em uma base de falhas relacionadas a *Freezers* no período de um ano na produção de uma fábrica de sorvetes localizada no Brasil. Tendo como pilar as ferramentas e métodos da qualidade como FMEA, ferramenta 5W2H, diagrama de Ishikawa e matriz GUT. O estudo de impacto, priorização além das possíveis soluções de otimização, levando em conta a gestão da qualidade, e, principalmente, a segurança alimentar, tem como resultado esperado, embasar uma melhor gestão da manutenção desse equipamento.

#### 1.4 ESTRUTURA E METODOLOGIA

O estudo foi primeiramente fundamentado por meio de uma revisão bibliográfica, visando estabelecer uma base teórica sólida e esclarecer termos relevantes ao tema, principalmente relacionados à gestão da manutenção e qualidade. Em seguida, três ferramentas da qualidade: FMEA, Ishikawa e GUT foram implementadas com o intuito de direcionar as tomadas de decisão e desenvolver um processo eficiente de gestão da qualidade, mapeando e orientando a execução de planos de ações, desde a identificação das falhas até a priorização das soluções levantadas.

Assim feito, aplicou-se o 5W2H e foi possível não só integrar essas ferramentas de forma coesa, mas também desenvolver o plano de ação prático para a resolução dos problemas identificados.

Após a fundamentação teórica e bibliográfica, foi feita a transição para a análise prática da realidade de produção, onde se definiu o funcionamento e os parâmetros específicos do objeto de estudo, no caso, o *freezer*. Seguido, então, pela identificação das falhas existentes, com a subsequente aplicação das ferramentas mencionadas para a análise dessas falhas.

Finalmente, desenvolveu-se um plano de ações focado em atividades prioritárias, com o objetivo de criar um processo que possa ser adaptado a outros mercados e equipamentos, visando otimizar resultados e integrar a gestão da qualidade de forma eficaz e abrangente.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como proposta estabelecer os fundamentos teóricos que sustentam todo o desenvolvimento do estudo. Nele serão definidos os conceitos de manutenção e suas principais classificações, com destaque para os diferentes tipos de abordagem preventiva e corretiva. Além disso, serão explorados os princípios da gestão da qualidade, juntamente com a apresentação das ferramentas utilizadas para análise e melhoria contínua dos processos. Por fim, serão introduzidos os conceitos técnicos essenciais relacionados ao funcionamento de um freezer de sorvete, com ênfase nos componentes selecionados para este estudo, oferecendo uma base sólida para as análises e propostas subsequentes.

### 2.1 MANUTENÇÃO

A manutenção é definida como todas as ações necessárias para manter um item ou sistema em uma condição de funcionamento, ou restaurá-lo à funcionalidade adequada para desempenhar sua função desejada. Classificando a manutenção como uma combinação de práticas técnicas e administrativas com o objetivo de reduzir falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos (Mobley, 2002).

O foco da manutenção é garantir que a capacidade e o funcionamento de um sistema sejam mantidos de forma equilibrada com a busca de reduzir os custos operacionais. As falhas, por outro lado, são compreendidas como qualquer desvio ou anomalia que provoque um desempenho inferior ao esperado, sendo estas objeto de estudo e usada como indicadores para tomada de decisões.

#### 2.1.1 Gestão de Manutenção

A gestão de manutenção é responsável por maximizar a produtividade dos ativos enquanto minimiza custos, além de garantir que os procedimentos de manutenção sejam bem coordenados para prevenir falhas e paradas inesperadas (Mobley, 2002). Para alcançar esses objetivos, a gestão de manutenção utiliza uma abordagem estratégica que envolve a implementação de diferentes tipos de

manutenção, como preventiva, preditiva e corretiva, cada uma com suas próprias técnicas e práticas específicas.

Os planos de manutenção são desenvolvidos com o objetivo de potencializar a confiabilidade operacional dos ativos, o que implica em garantir que todos os componentes e sistemas funcionem dentro dos parâmetros esperados. Isso reduz significativamente os custos associados a falhas não programadas, que podem resultar em interrupções dispendiosas e em potencial perda de receita. Além disso, um bom planejamento e execução da manutenção ajuda a garantir que as intervenções programadas sejam realizadas de forma eficiente e econômica, evitando desperdícios de recursos e minimizando o tempo de inatividade.

A gestão eficaz da manutenção também inclui a análise contínua dos dados de desempenho dos ativos e o uso de tecnologias avançadas, como sistemas de monitoramento remoto e ferramentas de análise de dados, para prever falhas antes que ocorram. Isso não só melhora a eficiência das operações, mas também contribui para a otimização do ciclo de vida dos equipamentos. Através da implementação de estratégias de manutenção baseadas em dados e em análise de tendências, é possível identificar oportunidades de melhoria e ajustar os planos de manutenção de forma dinâmica (Rodrigues, 2023).

## 2.1.2 Tipos de Manutenção

### 2.1.2.1 Manutenção Corretiva

Até o século XIX, antes da Revolução Industrial, a manutenção era realizada por técnicos que contavam com habilidades manuais, sem um conceito estruturado de manutenção. Nesse período, a abordagem reativa prevalecia, e as práticas eram basicamente emergenciais e focadas na correção de problemas.

O maquinário industrial era operado até que ocorresse uma falha, e a manutenção só era realizada após a identificação da causa da falha. A abordagem da manutenção corretiva é frequentemente resumida pela filosofia de "consertar após a quebra" (Moubray, 1997). Além disso, devido à falta de uma investigação sobre a causa das falhas, a quantidade de ocorrências era muito alta.

Com o passar dos anos, foi-se identificando a alta frequência de falhas e os custos associados a reparos e paradas de produção atrelados a manutenção corretiva, assim, caminhando para uma solução mais eficiente. Porém, é importante lembrar, que a manutenção corretiva pode ser adequada para certas aplicações, especialmente em situações em que a frequência de falhas não tem um impacto significativo na operação ou a criticidade do equipamento é significativamente baixa, em seu livro *Maintenance Fundamentals* (2004), Mobley explora diferentes estratégias de manutenção, incluindo a corretiva, e discute os cenários em que ela pode ser vantajosa.

### 2.1.2.2 Manutenção Preventiva

No início da segunda metade do século XX, houve uma transformação significativa na avaliação das práticas de manutenção nas fábricas e em seus processos. Com o término da Segunda Guerra Mundial e a subsequente recuperação da economia ocidental, houve um aumento na demanda por produtos que estimulou o desenvolvimento de sistemas de produção mais eficientes. De acordo com Alsayouf (2006), esse período marcou um avanço crucial na forma como a manutenção foi abordada, refletindo a necessidade crescente de métodos mais eficazes e a integração de novas estratégias para otimizar a produção industrial.

Com a evolução das práticas de manutenção nas indústrias após a Segunda Guerra foi fortemente influenciada pelas mudanças na economia e nas demandas de produção. Com o crescimento econômico e a recuperação pós-guerra, houve um impulso para a adoção de práticas de manutenção mais sistemáticas e planejadas.

A manutenção preventiva se tornou uma resposta às limitações da manutenção corretiva, que frequentemente resultava em paradas inesperadas e custos elevados com reparos. A nova ideologia focava na realização de inspeções regulares e na execução de tarefas de manutenção antes que ocorressem falhas, com o objetivo de prevenir problemas e garantir a continuidade das operações (Alsayouf, 2006).

O surgimento da manutenção baseada em condições (CBM), se dá na década de 1970, destacando sua origem na indústria de defesa americana. Diante da crescente demanda por maior eficiência e confiabilidade operacional, a manutenção

baseada em condições veio para superar as limitações das práticas tradicionais de manutenção corretiva e preventiva. Ao utilizar monitoramento contínuo e parâmetros para avaliar o estado real dos equipamentos, a CBM permite intervenções mais precisas e oportunas, reduzindo substituições desnecessárias e melhorando a gestão de produção ao focar em dados reais sobre as condições do maquinário (Moubray, 1997).

Diferente da manutenção preventiva que se baseia em intervalos definidos e regulares de tempo ou horas de uso, a manutenção baseada em condições adiciona uma avaliação mais criteriosa ao processo. Esta, avalia aspectos físicos pré-estabelecidos da máquina, se utilizando de sensores e indicadores para um monitoramento real do equipamento. Quando os parâmetros críticos excedem os limites definidos, as atividades são então realizadas.

Após a introdução da manutenção baseada em condições na década de 70, a indústria começou a explorar maneiras mais sofisticadas de usar dados para prever falhas. A manutenção preditiva surgiu como uma extensão natural da CBM, incorporando avanços tecnológicos em sensores, análise de dados e técnicas de modelagem preditiva. Assim, a manutenção preditiva evoluiu a partir da abordagem baseada em condições, aproveitando avanços tecnológicos e metodológicos para oferecer uma abordagem ainda mais precisa e eficaz na previsão de falhas (Jardine, 2006).

A última é o exemplo mais clássico da ideologia preventiva, é a manutenção pré-determinada, ela está baseada em intervalos de tempo definidos para realizar-se intervenções. Está pautada na estratégia que envolve a programação de atividades como inspeções, lubrificações e substituições de peças de acordo com intervalos fixos, independente da condição real do equipamento. A ideia é que, ao seguir essas recomendações, as falhas são prevenidas, minimizando interrupções não planejadas na operação (Moblely, 2004).

De acordo com essa contextualização, a manutenção é dividida em duas categorias principais: Preventiva e Corretiva. A manutenção preventiva é subdividida em Manutenção Baseada em Condições (CBM), manutenção Preditiva (PdM) e Manutenção Pré-Determinada (PM). No esquema da figura 2, é possível visualizar claramente a divisão dos tipos de manutenção.



**Figura 2 - Organograma de Manutenção (fonte própria 2024)**

Trazendo a visão da figura do operador mantenedor, que desempenha um papel essencial na gestão de manutenção, sendo responsável por executar atividades preventivas e corretivas que garantem a operação segura e eficiente dos equipamentos. Um sistema de manutenção preventiva bem estruturado é fundamental para apoiar suas atividades, permitindo o planejamento adequado de tarefas, a antecipação de falhas e a redução de custos operacionais. A confiança do técnico mantenedor no sistema de manutenção é o coração da operação segura e otimizada.

Além disso, sua atuação é crucial para identificar problemas, propor melhorias e implementar soluções, especialmente em setores críticos como o alimentício, onde a segurança e a qualidade dos processos dependem diretamente de uma gestão de manutenção eficiente.

## 2.2 GESTÃO DA QUALIDADE

A gestão da qualidade emergiu como uma abordagem sistemática para melhorar a eficiência e a consistência dos processos produtivos no início do século XX, em resposta à crescente complexidade da produção industrial e à necessidade de padronização. No início, o foco estava na inspeção de qualidade, onde produtos eram verificados manualmente para garantir que atendiam aos padrões estabelecidos (Deming, 1982).

Durante a Segunda Guerra Mundial, a demanda por produção em massa de equipamentos militares impulsionou a evolução dessa abordagem, com um foco maior na prevenção de defeitos e no controle de processos. Isso levou ao desenvolvimento do Controle Estatístico de Qualidade (SQC), uma técnica amplamente promovida por Walter A. Shewhart e posteriormente aperfeiçoada por W. Edwards Deming. A disseminação dessas práticas no Japão, ajudando o país a reconstruir sua indústria pós-guerra e introduzindo conceitos de melhoria contínua e controle da variabilidade nos processos produtivos serviu como exemplo fundamental do surgimento da gestão de qualidade (Deming, 1982).

Nos anos 1950 e 1960, a gestão da qualidade se expandiu com as contribuições de Joseph Juran e Philip Crosby, que enfatizaram o envolvimento da gestão em todos os níveis da organização e a prevenção de erros em vez de sua correção. Eles introduziram a ideia de que a qualidade não se trata apenas de produtos, mas de todo o processo de gestão, dando origem à Trilogia da Qualidade (planejamento, controle e melhoria). Crosby (1979), popularizou o conceito de "zero defeitos" e argumentou que "a qualidade é de graça", afirmando que o custo de prevenir falhas é inferior ao custo de corrigir erros.

Com a ascensão da globalização e da competitividade internacional nas décadas de 70 e 80, especialmente com a influência do *Total Quality Management* no Japão, a gestão da qualidade se consolidou como um elemento central para o sucesso organizacional. O movimento TQM, trouxe uma visão holística da qualidade, envolvendo toda a organização e não apenas setores específicos de produção, e incorporou ferramentas como o Diagrama de Ishikawa para identificar causas de problemas de qualidade (Ishikawa, 1985)

No quadro 1, tem-se a identificação e principais características que diferenciam cada uma das Eras da Qualidade, simplificando o entendimento e a evolução de uma para outra.

<b>ERA</b>	<b>PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS</b>	<b>ÊNFASE</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>RESPONSÁVEL PELA QUALIDADE</b>
<b>Inspeção</b>	Verificação	Uniformidade do produto	Instrumentos de medição	Departamento de inspeção
<b>Controle Estatístico da Qualidade</b>	Controle	Um problema a ser resolvido	Ferramentas e técnicas estatísticas	Departamento de fabricação e engenharia (o controle de qualidade)
<b>Garantia da Qualidade</b>	Coordenação	Toda a cadeia de produção, desde o projeto até o mercado	Problemas e sistemas	Todos os departamentos, com a alta administração se envolvendo no planejamento e na execução das diretrizes da qualidade
<b>Gestão Total da Qualidade</b>	Impacto Estratégico	As necessidades de mercado e cliente	Planejamento estratégico de objetivos e a mobilização da organização	Todos na empresa, com a alta administração exercendo forte liderança

**Quadro 1 – Eras da qualidade (adaptado de Garvin 1992)**

Uma vez popularizado, o TQM se tornou uma filosofia dominante, promovendo a ideia de que a qualidade deve ser responsabilidade de todos os funcionários, não apenas da equipe de controle de qualidade. As economias de escala, a globalização e a crescente competitividade no mercado mundial impulsionaram a adoção dessas práticas (Ishikawa, 1985).

A Gestão Total da Qualidade é uma abordagem abrangente que visa melhorar a qualidade dos produtos e serviços dentro de uma organização, com o objetivo de aumentar a satisfação do cliente e promover a eficiência organizacional. O TQM é fundamentado em diversos princípios e práticas essenciais.

Um dos principais aspectos do TQM é o foco no cliente. A qualidade é definida pela capacidade de uma organização em compreender e atender às necessidades e expectativas dos clientes. A satisfação do consumidor é considerada o principal indicador de sucesso da qualidade, e todas as atividades da organização devem ser orientadas para garantir essa satisfação (Oakland, 2003).

Além disso, o TQM enfatiza o envolvimento de todos os funcionários. A responsabilidade pela qualidade não deve ser atribuída apenas à equipe de controle de qualidade, mas deve ser compartilhada por todos os membros da organização. Envolver todos os funcionários em práticas de melhoria contínua é crucial para o

sucesso do TQM, pois cada pessoa pode contribuir para a melhoria dos processos e produtos.

A melhoria contínua é outro princípio central do TQM. Isso implica na busca constante por formas de melhorar processos, produtos e serviços, sem se acomodar com o *status quo*. A melhoria contínua é alcançada através de revisões e ajustes contínuos, visando sempre a excelência (Deming, 1982).

A tomada de decisão baseada em dados é outro pilar fundamental. Decisões devem ser fundamentadas em dados objetivos e informações precisas, ao invés de depender apenas de intuições ou suposições. A coleta e análise de dados são essenciais para resolver problemas e aprimorar processos (Deming, 1982).

Outro aspecto importante é a gestão de processos. Esta ideologia se concentra na gestão eficaz dos processos para garantir que produtos e serviços sejam entregues de forma consistente e eficiente. Processos bem definidos e geridos são fundamentais para atender às expectativas de qualidade (Weske, 2012).

Finalmente, o TQM envolve a criação de uma cultura de qualidade dentro da organização. Promover valores que sustentem a qualidade e a melhoria contínua em todos os níveis da organização é essencial para o sucesso do TQM. Desenvolver uma cultura que valorize a qualidade contribui para a eficácia das práticas de melhoria contínua (Harvey, 1992).

### 2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade são métodos e técnicas utilizados para identificar, analisar e resolver problemas relacionados à qualidade em processos produtivos e organizacionais. Elas são amplamente aplicadas para monitorar e melhorar o desempenho dos processos, facilitando a tomada de decisões baseadas em dados concretos. Essas ferramentas ajudam a detectar causas de falhas, otimizar processos e garantir a consistência e eficiência na entrega de produtos e serviços. Serão apresentadas as ferramentas que terão uso no desenvolvimento do estudo.

### 2.3.1 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, é uma ferramenta de qualidade desenvolvida por Kaoru Ishikawa na década de 1960. Ele foi desenvolvido com o objetivo de identificar, organizar e analisar as causas de um problema específico.

A estrutura visual do diagrama lembra a espinha de um peixe, com o problema na "cabeça" e as possíveis causas distribuídas em "ramificações". Foi uma das primeiras ferramentas da qualidade desenvolvidas e é amplamente utilizado em gestão da qualidade para resolver problemas complexos, permitindo uma análise detalhada das suas origens.

Na figura 3 é possível observar um exemplo de diagrama de Ishikawa, mostrando exatamente como ele classifica em ramificações cada uma das falhas, sendo possível ter um maior embasamento para tomadas de decisões. Tendo uma maior lucidez das causas reais de maior impacto.



**Figura 3 - Diagrama de Ishikawa (Formighieri 2021)**

### 2.3.2 Matriz GUT

A Matriz GUT é uma ferramenta de priorização utilizada para classificar e organizar a solução de problemas com base em três critérios: gravidade, urgência e tendência. Seu objetivo é auxiliar na tomada de decisões, principalmente em situações

complexas que envolvem muitas variáveis. Para isso, cada problema é analisado individualmente e recebe uma pontuação de 1 a 5 em cada critério.

- Gravidade - avalia o efeito sobre os objetivos, recursos ou operações. Ou seja, a importância ou impacto de uma tarefa ou problema. Pergunta-se qual seria o impacto se a tarefa não fosse concluída ou o problema não fosse resolvido;
- Urgência - refere-se ao tempo disponível para resolver a tarefa ou problema. Pergunta-se quão rápido a tarefa precisa ser realizada ou quão rapidamente o problema deve ser resolvido. A urgência considera prazos, datas limites e a necessidade de ação imediata;
- Tendência - refere-se à evolução do problema ao longo do tempo. Pergunta-se se a situação está se agravando, melhorando ou permanecendo estática. A tendência ajuda a prever o impacto futuro e a necessidade de ação proativa.

O quadro 2 apresenta as pontuações possíveis e suas características, estas que ao fim justificariam a classificação de prioridade.

Pontuação	Gravidade	Urgência	Tendência
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Piora a longo prazo
3	Grave	Urgente	Piora a médio prazo
4	Muito grave	Muito Urgente	Piora a curto prazo
5	Extremamente grave	Imediata	Piora Imediata

**Quadro 2 – Matriz GUT (Napoleão 2019)**

Essa abordagem permite estabelecer prioridades e otimizar o processo de resolução de problemas, garantindo que os mais críticos sejam tratados primeiro. Ao aplicar essa metodologia, gestores podem focar em ações mais eficazes e assertivas, o que melhora a eficiência e os resultados organizacionais.

### 2.3.3 FMEA

FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) é uma ferramenta sistemática de análise de riscos usada para identificar e avaliar os modos de falha potenciais em um sistema, processo ou produto. A análise é projetada para entender as consequências

dessas falhas e tomar medidas preventivas para melhorar a confiabilidade e a segurança (Stamatis, 2003).

O conceito de FMEA foi desenvolvido na década de 1960 pela NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos EUA) para melhorar a segurança e a confiabilidade dos sistemas espaciais. O método foi utilizado inicialmente em aplicações espaciais e, posteriormente, adotado por diversas indústrias, incluindo a automotiva, aeroespacial e de manufatura. A técnica se tornou uma prática padrão em muitas indústrias devido à sua eficácia na prevenção de falhas e no aumento da qualidade.

Este sistema tem como objetivo analisar os modos de falha que podem ocorrer em equipamentos, peças ou máquinas e os seus efeitos sobre o funcionamento geral. A análise geralmente começa com a identificação das falhas, seguida pela avaliação dos impactos que essas falhas podem ter no desempenho do produto ou processo. Este método é conhecido como modelo *down-up*.

O uso do FMEA contribui para a padronização dos procedimentos ao criar registros detalhados das falhas analisadas. Esses registros podem servir como referência para análises futuras de diferentes produtos ou processos, além de permitir a implementação de ações corretivas mais ágeis em produtos semelhantes (Stamatis, 2003).

Portanto, o FMEA pode ser considerado uma ferramenta essencial de gestão da qualidade total, aplicada à análise de falhas. Ele é particularmente útil para a inspeção e para a melhoria da gestão da manutenção, permitindo estabelecer padrões controlados e documentados. Com isso, é possível identificar quais falhas são mais frequentes, entender seus efeitos e desenvolver um plano de ação racionalizado e otimizado para abordar essas falhas.

A aplicação do FMEA segue um procedimento, que envolve uma série de etapas e perguntas fundamentais que ajudam no planejamento inicial das ações corretivas. As perguntas essenciais para o início do processo são:

- Qual é a entrada para o FMEA? : Identifique as funções ou itens que serão analisados.
- O que pode dar errado? : Determine os possíveis modos de falha, como a falha na execução da função esperada, desempenho inadequado ou a realização de uma função não desejada.

- Qual é o efeito na saída do sistema? : Avalie como a falha pode impactar as pessoas, equipamento ou o ambiente.

Após responder a essas perguntas, o FMEA organiza e prioriza os tipos de riscos, classificando os modos de falha com base em um coeficiente chamado Número de Prioridade de Risco (RPN), conforme indicado na equação (1).

$$RPN = G \times O \times D \quad (1)$$

Onde G é o índice de gravidade, O é o índice de ocorrência e D é o índice de detecção.

### 2.3.3.1 Índice de Gravidade (G)

A classificação do índice de gravidade é um aspecto essencial na análise de falhas e é realizada utilizando uma escala numérica que varia de 1 a 10. Esta escala ajuda a quantificar o impacto potencial de um modo de falha em um sistema, processo ou produto. A escala de 1 a 10 é projetada para refletir a severidade da falha identificada. Cada número na escala representa um nível crescente de gravidade, proporcionando uma forma objetiva de avaliar e comparar a importância dos diferentes modos de falha (Stamatis, 2003).

Ao utilizar essa escala, os analistas podem priorizar as falhas com base em seu impacto potencial, facilitando a tomada de decisões sobre onde focar os esforços de mitigação e correção. Essa abordagem ajuda a garantir que os recursos sejam direcionados de maneira eficaz para enfrentar as falhas que têm o maior impacto negativo, contribuindo para a melhoria da segurança, confiabilidade e desempenho do sistema ou produto (Stamatis, 2003).

No quadro 3, tem-se a escala de gravidade, de ontem se baseia para a classificação das falhas quanto a gravidade delas, para compor o RPN.

Índice	Gravidade	Potencial consequência de falha
1	Menor possível	Sem impacto real
2	Baixo Trauma	Irrelevante
3	-	Trauma exigindo primeiros socorros
4	Moderado	Incapacidade temporária sem afastamento
5	-	Incapacidade temporária com pequeno afastamento
6	-	Incapacidade temporária com grande afastamento
7	Alto	Invalidez permanente parcial
8	-	Invalidez permanente total
9	Crítica	Morte dos envolvidos no processo
10	-	Morte de quem não está envolvido no processo

Quadro 3 – Escala de gravidade (adaptado de Stamatis 2003)

### 2.3.3.2 Índice de Ocorrência (O)

O índice de ocorrência é definido basicamente através do seguinte quadro que apresenta a frequência da ocorrência/falha em relação a um total estipulado. Sendo assim, o que define essa variável é a probabilidade de o evento ocorrer dentro de uma amostragem.

No quadro 4, a seguir, é apresentada a escala de frequência que serve de base para classificação numérica quanto ao índice: Ocorrência.

Índice	Escala Qualitativa	Frequência	
10	Muito Alta	$\geq 1$ em 10	$\geq 10\%$
9	Alta	1 em 20	5% - 10%
8		1 em 50	2% - 5%
7		1 em 100	1% - 2%
6	Moderada	1 em 500	0,2% - 1%
5		1 em 2000	0,05% - 0,2%
4		1 em 10000	0,01% - 0,05%
3	Baixa	1 em 100000	0,001% - 0,01%
2		1 em 1000000	$\leq 0,0001\%$
1	Muito Baixa	a falha é eliminada pelo método de controle	

Quadro 4 – Escala de frequência de ocorrência (adaptado de Ford 2011)

### 2.3.3.3 Índice de Detecção (D)

Por fim, o índice de detecção refere-se à probabilidade de identificar a causa raiz de falha antes da aplicação das medidas de controle estabelecidas. Essa identificação pode ocorrer através de inspeções repetitivas, verificações prévias ao uso de componentes ou com o auxílio de sistemas automatizados (Stamatis, 2003)

Assim como os outros índices, o índice de detecção é representado em uma escala, onde os valores mais baixos indicam uma alta probabilidade de detecção imediata da falha, enquanto os valores mais altos refletem uma baixa probabilidade, ou até mesmo a impossibilidade de detectar a falha, conforme ilustrado no quadro 5 (Stamatis, 2003).

Índice	Escala qualitativa	Critério
1	Muito alto	A detecção é quase certa. Alta
2 a 4	Alto	probabilidade de detecção
5 a 7	Moderado	Probabilidade moderada de detecção
8 a 9	Baixo	Baixa probabilidade de detecção
10	Muito baixo	Detecção quase impossível

Quadro 5 – Escala de detecção (adaptado de Stamatis 2003)

Além disso, para assegurar ainda melhor a assertividade do índice, é possível incluir ainda o método de detecção em cada caso, o que pode aumentar ou diminuir as chances da falha ser apontada. Para isso podemos acompanhar o quadro 6, que apresenta as formas de detecção.

Índice	Escala qualitativa	Métodos de Detecção	Critério
1	Muito alto	Inspeção Visual	A detecção é quase certa
2 a 4	Alto	Inspeção Tátil	Alta probabilidade de detecção
5 a 7	Moderado	Inspeção via Checklist	Probabilidade moderada de detecção
8 a 9	Baixo	Inspeção Instrumental	Baixa probabilidade de detecção
10	Muito baixo	Falta de métodos	Detecção quase impossível

Quadro 6 - Escala de detecção com base no método de detecção (adaptado de Stamatis 2003)

### 2.3.4 Ferramenta 5W2H

A ferramenta 5W2H é um método amplamente utilizado para planejamento, gestão e análise de processos, problemas e projetos. O nome 5W2H deriva das sete perguntas essenciais que formam a base da ferramenta, cada uma abordando um aspecto crucial de qualquer tarefa ou situação: *What?* (O quê?), *Why?* (Por quê?), *Where?* (Onde?), *When?* (Quando?), *Who?* (Quem?), *How?* (Como?) e *How Much?* (Quanto?).

No quadro 7 é possível ver de maneira detalhada cada uma das perguntas e o porquê de a ferramenta ser chamada 5W2H, e a partir desse quadro montar um plano de ação consistente.

MÉTODO DA FERRAMENTA 5W2H			
<b>5W</b>	<i>What?</i>	O que?	Que ação será executada?
	<i>Who?</i>	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	<i>Where?</i>	Onde?	Onde será executada a ação?
	<i>When?</i>	Quando?	Quando a ação será executada?
	<i>Why?</i>	Por quê?	Por que a ação será executada?
<b>2H</b>	<i>How?</i>	Como?	Como será executada a ação?
	<i>How much?</i>	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Quadro 7 – 7 perguntas essenciais 5W2H (adaptado de AVILA 2016)

Essas perguntas ajudam a obter uma compreensão completa e detalhada de um problema ou projeto, proporcionando um quadro claro que orienta a tomada de decisões e a execução das ações necessárias.

A ferramenta é projetada para esclarecer e documentar todos os aspectos relevantes de um plano de ações. Ao responder a essas perguntas, as organizações podem identificar as ações necessárias, alocar recursos de maneira eficaz e garantir que todos os participantes compreendam suas responsabilidades. O objetivo principal é criar um plano de ação estruturado e detalhado, que facilite a resolução de problemas e a gestão eficiente de projetos.

## 2.4 QUALIDADE NA GESTÃO DE MANUTENÇÃO

As ferramentas da qualidade desempenham um papel fundamental na gestão da manutenção, proporcionando uma abordagem sistemática para a identificação e solução de problemas. Elas ajudam a organizar o trabalho de manutenção, monitorar o desempenho dos equipamentos e processos, e implementar melhorias contínuas. Ao adotar essas ferramentas, é possível padronizar procedimentos e melhorar a eficiência operacional, reduzindo o tempo de inatividade, minimizando falhas e otimizando o uso dos recursos. Assim, as ferramentas da qualidade não só ajudam a garantir a confiabilidade dos sistemas, como também promovem a segurança e a longevidade dos equipamentos.

Entre os principais benefícios do uso dessas ferramentas na gestão da manutenção, destacam-se a capacidade de prevenir falhas antes que se tornem críticas, a melhoria da eficiência nos processos e a promoção de uma cultura de melhoria contínua. No entanto, existem também desafios. A aplicação eficaz dessas ferramentas pode exigir um nível considerável de planejamento e treinamento, além de demandar recursos tecnológicos e humanos. Em alguns casos, a falta de dados precisos pode dificultar a implementação dessas técnicas de maneira eficiente.

Esses conceitos, embora complementares, requerem uma integração cuidadosa na rotina de manutenção. As ferramentas da qualidade são projetadas para estruturar a análise e a execução de tarefas, enquanto a gestão da manutenção foca na operação constante e segura dos equipamentos. Quando combinados, criam um ciclo em que a detecção precoce de falhas e a melhoria contínua se alimentam mutuamente, levando a uma operação mais confiável, segura e eficiente.

## 2.5 FREEZER DE SORVETE

Este tópico é dedicado a definir o objeto de estudo e seus componentes principais. Abordando o *dasher* e as bombas, material de que são feitos, funcionamento e utilização dentro do equipamento. O objetivo é analisar o *dasher* e as bombas do freezer modelo *Tetra Pak Congelador Contínuo Série A2*, como apresenta a figura 4.



**Figura 4 - Freezer Congelador Contínuo de Sorvete (TetraPak 2021)**

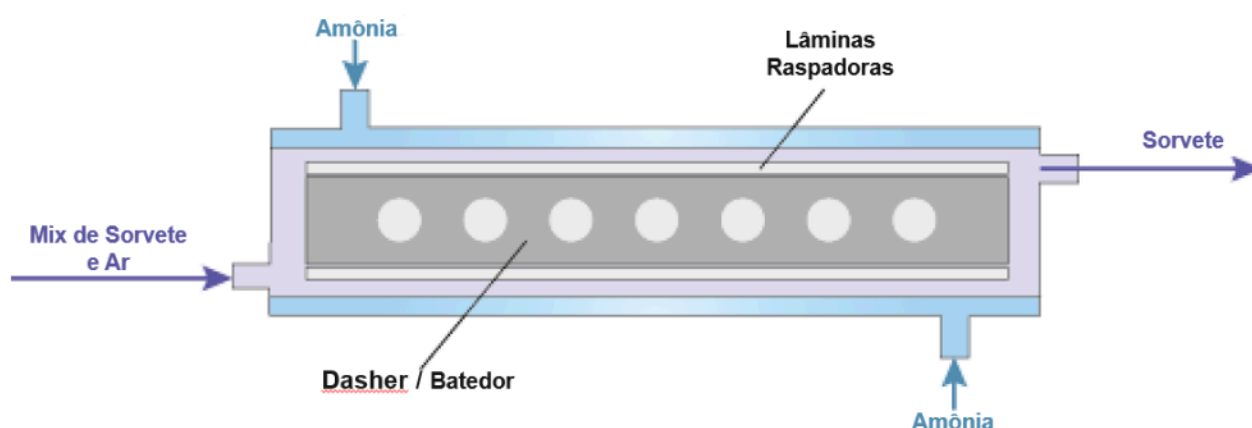
Esse é um equipamento eficiente e robusto para congelamento contínuo, utilizado na produção de sorvetes. Ele realiza o congelamento e aeração das misturas de sorvete de maneira contínua. Suas principais características incluem um sistema de congelamento ideal para linhas de produção industrial, garantindo uniformidade e um fluxo de produção estável. Com controle de *overrun*, permite ajustar a quantidade de ar incorporada ao sorvete, essencial para a textura do produto. Esse processo é realizado dentro de um cilindro de congelamento, onde componentes essenciais, como o batedor e as bombas, desempenham papéis fundamentais.

Esse modelo conta com a presença de 2 bombas de alimentação, uma de entrada e uma de saída. Seu funcionamento é a base de amônia, utilizada para troca térmica com o mix (mistura líquida que vai se tornar sorvete após passar pelo freezer e o congelamento necessário). Um equipamento com alta produtividade, ideal para indústria, tem a capacidade de produzir até 1200 litros de sorvete por hora. Além das bombas, conta com o cilindro de congelamento, onde ocorre a inserção de ar no produto e onde fica localizado o *dasher*, objeto principal do estudo, responsável por manter o produto em movimento evitando o congelamento excessivo da mistura, alcançando a textura ideal.

### 2.5.1 Funcionamento do Freezer

Esse tópico, tem como objetivo, facilitar o entendimento do processo de produção do sorvete e o papel desempenhado pelo freezer nesse contexto, e será apresentada uma explicação detalhada.

Primeiramente, a mistura base do sorvete, composta basicamente por leite, açúcar e estabilizantes, é bombeada para o cilindro de congelamento, pela bomba de entrada. No cilindro pressurizado, a mistura é resfriada rapidamente pelo sistema de refrigeração, que utiliza amônia como fluido refrigerante, para reduzir a temperatura até o ponto de semi-solidificação, sem congelar completamente o produto. Na figura 5, tem-se um esquema simplificado do funcionamento do *dasher*, demonstrando a entrada de mix, a presença de amônia e a ação do batedor.



**Figura 5 - Esquema de funcionamento do dasher (adaptada de Hartel 2019)**

Durante esse processo, o batedor interno mistura o mix enquanto incorpora ar, ajustando o *overrun* de acordo com a textura e leveza desejadas para o produto. A ação do batedor através das facas, também evita a formação de cristais de gelo grandes, garantindo uma textura homogênea e cremosa. A temperatura e a velocidade são ajustadas para otimizar a consistência do sorvete.

Por fim, o sorvete semi-sólido é transferido para a próxima etapa através de uma bomba de saída. Ele pode ser enviado para modelagem, extrusão, embalagem ou para a adição de coberturas e recheios, dependendo do produto final desejado.

A figura 6 apresenta o freezer aberto com seus principais componentes.

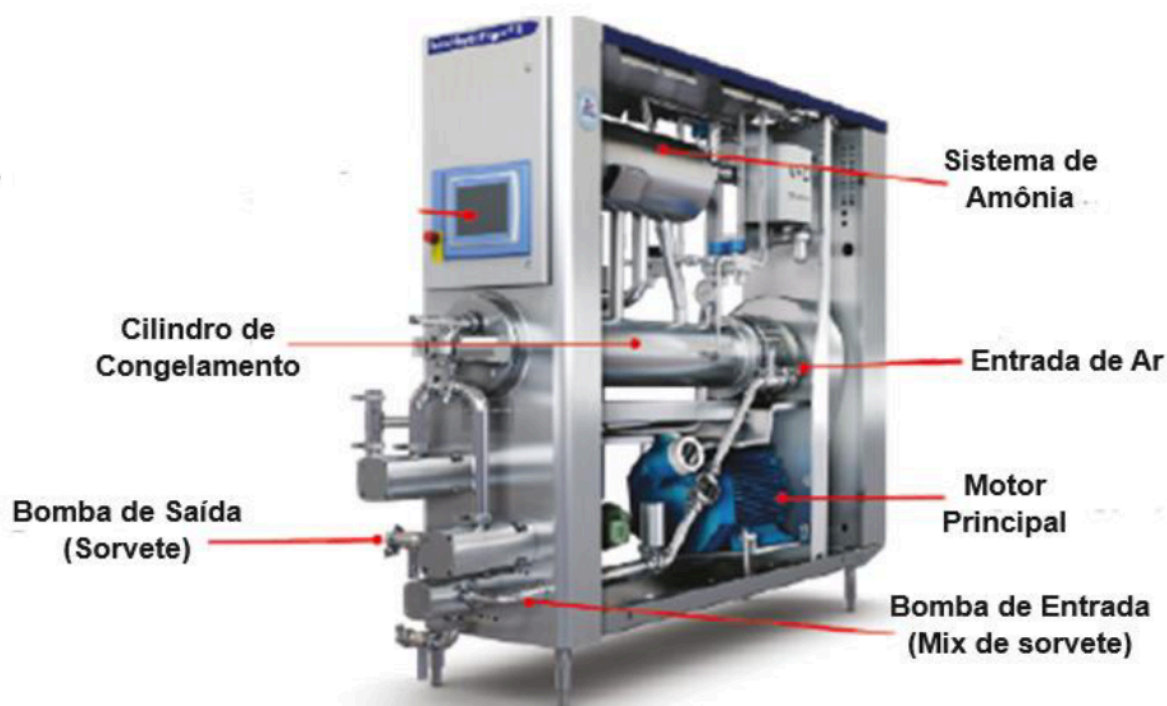
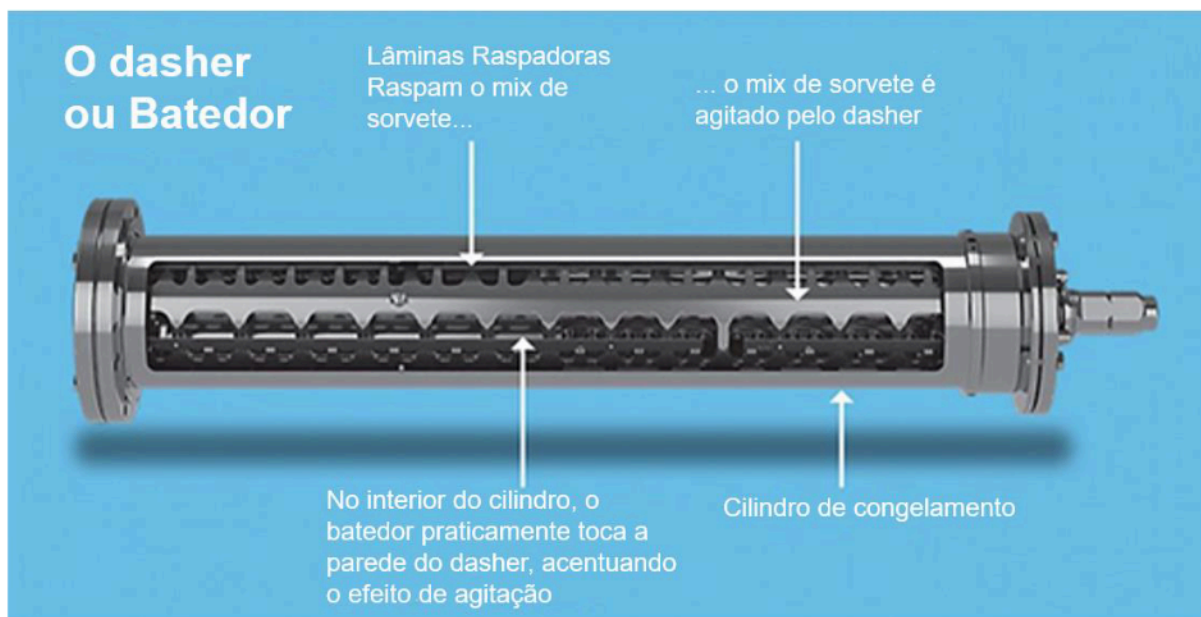


Figura 6 - Interior do Freezer (adaptada de Hartel 2019)

## 2.5.2 Especificação dos componentes

### 2.5.2.1 *Dasher*

O *dasher* desempenha o papel mais importante no processo de produção de sorvetes. Ele está localizado dentro do cilindro de congelamento e é responsável por misturar continuamente o mix de sorvete enquanto incorpora ar (*overrun*). Essa função garante que o produto atinja a textura desejada, evitando a formação de cristais de gelo grandes e promovendo uma consistência cremosa e uniforme. Além disso, o *dasher* otimiza o congelamento eficiente, trabalhando em sincronia com o sistema de refrigeração para manter a qualidade do produto. Na figura 6, é possível visualizar o batedor montado e seus componentes.



**Figura 7 - Dasher do Freezer (adaptada de TetraPak 2021)**

Agora tratando-se de componentes e materiais, o *dasher* possui 8 lâminas raspadoras, que são o item mais crítico quando se trata de manutenção e inspeção, por conta do risco de contaminação existente. Essas facas atuam no interior do *dasher* raspando o cilindro de congelamento para evitar o acúmulo de gelo nas paredes. Dessa forma, ocorrendo o contato de metal com metal, e assim, qualquer desvio das especificações de tolerância significa um risco ao produto, agravado ainda por ser um alimento.

As facas são de aço inoxidável e trabalham através de um eixo central rotativo, localizado no centro do cilindro de congelamento. Este faz com que elas se movimentem raspando as paredes do *dasher* e do cilindro evitando acúmulo de gelo e garantindo a uniformidade. O material da parede interior do cilindro também é aço inoxidável, porém com revestimento de níquel-cromo, justamente para proteger desse desgaste em consequência do atrito entre metal, evitando qualquer possível cavaco ou resíduo metálico.

As figuras 8 e 9 vão apresentar o elemento mais importante e sensível do *dasher*, suas facas, e algumas especificações destas.

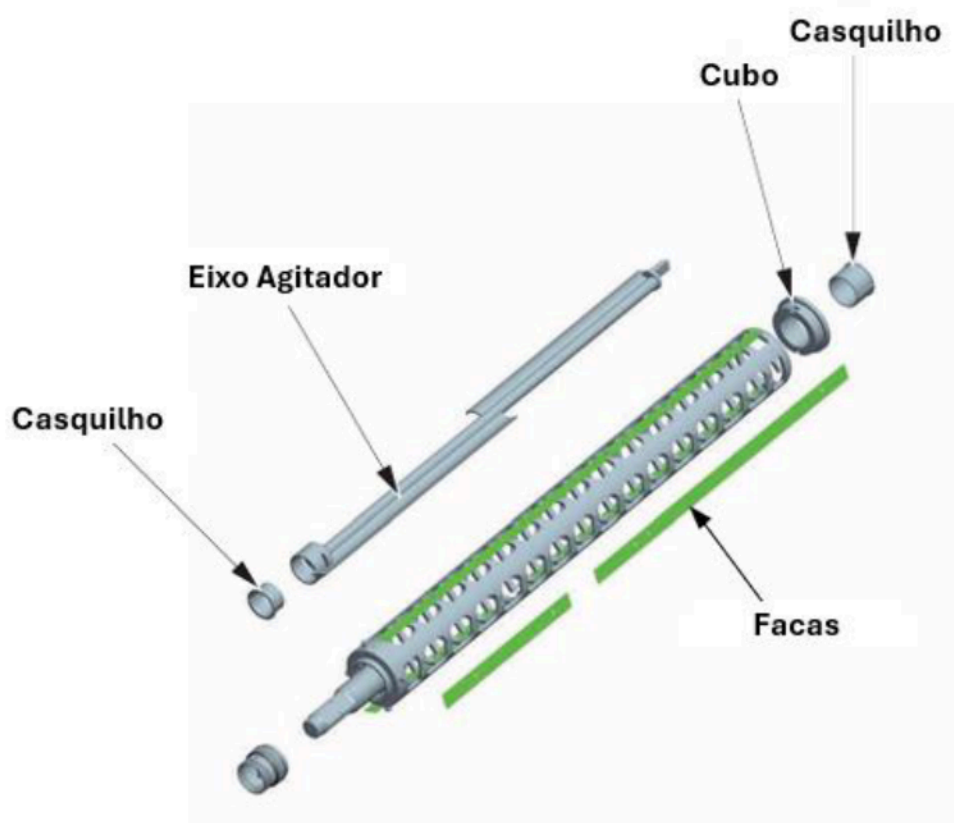


Figura 8 - Dasher e facas (TetraPak 2021)

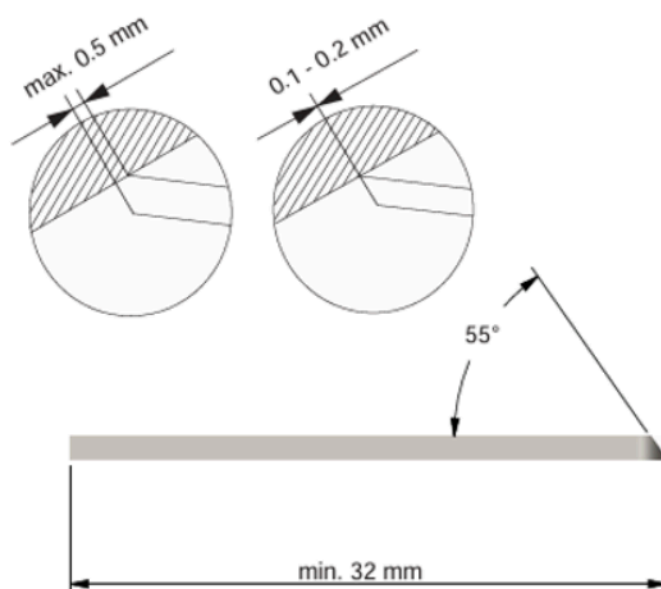


Figura 9 - Facas e suas medidas (TetraPak 2021)

Além disso, por recomendação do fabricante a faca deve ser inspecionada a cada 250 horas e cumprir os parâmetros de medida e angulação de corte, apresentados anteriormente na figura 9. Para assim, acompanhar o desgaste ou

oxidação das facas, garantindo que não ocorra nenhum tipo de contaminação no processo.

#### 2.5.2.2 Bombas

Por sua vez as bombas são as responsáveis por alimentar o *freezer* com sua matéria prima. São elas que fazem a inserção de mix e a saída do sorvete já no seu estado ideal após a atuação do *dasher*. Sendo assim, são também objeto crucial desse projeto por terem contato direto com o produto.

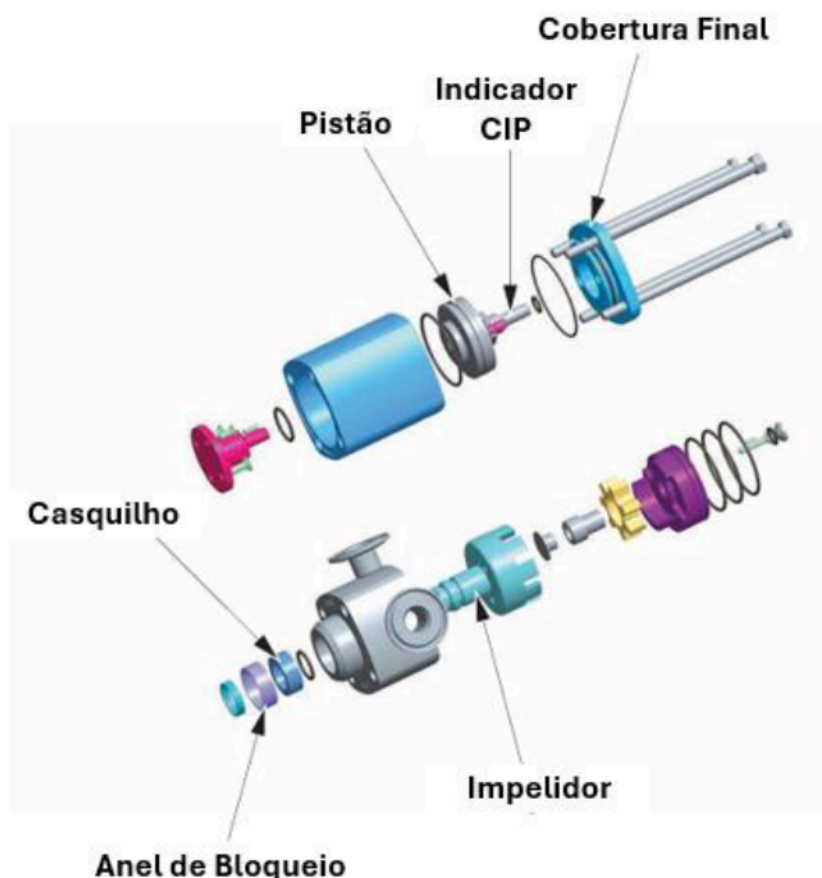
A figura 10 apresenta a visão da bomba montada, pronta para o funcionamento.



**Figura 10 - Bomba do freezer montada (TetraPak 2021)**

Esse componente funciona como uma bomba centrífuga padrão dimensionada perfeitamente para atuação nos *freezers*. Ela é movida por um motor elétrico e tem seu funcionamento com a mesma configuração de uma bomba de água. O material da bomba é também o aço inoxidável visando a garantia da qualidade e minimizando os riscos de contaminação.

Já na figura 11 é possível observar os componentes dessa bomba de mix, através de uma vista explodida.



**Figura 11 - Bomba do freezer (vista explodida) (TetraPak 2021)**

Diferentemente do *dasher* e facas, é recomendada a inspeção e abertura das bombas a cada 1000 horas de funcionamento. Esse componente fica muito suscetível a variações de pressão e vazão em decorrência da tubulação e o processo anterior a passagem da mistura pelo *freezer*, então essa inspeção faz-se ainda mais importante na garantia da qualidade.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentada a metodologia de aplicação das ferramentas de qualidade, com um breve detalhamento sobre suas funções e sua relevância no contexto do estudo. Serão definidos os critérios utilizados para estabelecer a ordem de aplicação das ferramentas, bem como uma justificativa para essa sequência, ressaltando como cada etapa contribui de forma integrada para a análise das falhas e para a construção de um plano de ações eficaz.

#### 3.1 ORDEM DE APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

A sequência utilizada para a aplicação das ferramentas de qualidade segue uma abordagem lógica e estruturada, visando compreender o problema, priorizar ações, analisar riscos e implementar soluções de forma eficaz.

Assim, a aplicação sequencial de ferramentas da qualidade foi estrategicamente organizada de acordo com o histórico de falhas registrado em *freezers* de sorvete ao longo de um período de um ano em uma unidade fabril.

Primeiramente, o Diagrama de Ishikawa é utilizado para identificar e organizar as possíveis causas do problema. Essa ferramenta é essencial no início do processo, pois proporciona uma visão abrangente e categorizada das causas potenciais, evitando que fatores importantes sejam ignorados.

Após a identificação das causas, a Matriz GUT é aplicada para priorizar os problemas mais críticos com base em três critérios: Gravidade, Urgência e Tendência. Essa etapa ajuda a direcionar os recursos e esforços para as questões que mais afetam o desempenho ou o objetivo do processo.

Com as prioridades definidas, o FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha) é usado para aprofundar a análise das falhas mais relevantes, avaliando os riscos associados a cada modo de falha. Essa ferramenta quantifica o impacto, a probabilidade e a detectabilidade de falhas, permitindo planejar ações preventivas ou corretivas com maior precisão.

Por fim, o 5W2H é aplicado para estruturar e detalhar o plano de ação. Essa ferramenta organiza as soluções identificadas nas etapas anteriores, respondendo às perguntas da sigla: o que fazer? (*What?*), por que fazer? (*Why?*), onde fazer?

(*Where?*), quando fazer? (*When?*), quem será responsável? (*Who?*), como será feito (*How?*) e quanto custará? (*How Much?*)

Essa ordem, apresentada a seguir na figura 12, garante uma abordagem sistemática e eficiente para resolver problemas e implementar melhorias, começando pela identificação das causas, passando pela priorização e análise detalhada, até chegar à execução prática de ações.

## Aplicação das Ferramentas de Qualidade



Figura 12 - Fluxo de aplicação das ferramentas da qualidade (fonte própria 2024)

## 4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Neste capítulo será apresentada a lista de falhas e demonstrada a aplicação das ferramentas de qualidade, conforme descrito no capítulo anterior, para investigá-las. A abordagem será realizada de forma prática, utilizando uma base de falhas real, com o objetivo de evidenciar os resultados e elaborar um plano de ações eficaz e consistente, pautado num caso concreto.

O objetivo é demonstrar como esses instrumentos podem ser usados para otimizar a gestão da manutenção em um caso prático, identificar modos de falha potenciais, e implementar medidas corretivas eficazes, visando o desenvolvimento ou aprimoramento de uma gestão de manutenção preventiva eficiente, melhorando assim, a qualidade do processo produtivo e reduzindo custos operacionais associados a paradas e manutenções não programadas.

### 4.1 FALHAS

Após a melhor explicação acerca do *freezer*, seus componentes principais e o funcionamento. Este tópico apresentará o levantamento do histórico de falhas em sete freezers do mesmo modelo mencionado anteriormente e apresentado nas figuras 4 e 6, operando ao longo de um período de um ano em uma fábrica de sorvetes.

Serão listadas as falhas e suas causas mais recorrentes, registradas entre 01/12/2023 e 01/12/2024. Para a organização dessa relação, foram consideradas apenas as falhas que resultaram em interrupções na produção, apenas estas falhas que possuem dados reais, detalhados e precisos.

Lembrando ainda que, o quadro 8 apresenta apenas as ocorrências relacionadas com o *dasher* e as bombas que são os componentes de foco do estudo, e a figura 12 mostra a distribuição, porém, além destas ocorreram diversas outras falhas relacionadas a *freezer* no mesmo período. Todas as ocorrências foram formalmente registradas em um banco de dados oficial da empresa.

Falhas	Componente	Ocorrências
Vazamento no <i>dasher</i> durante a partida da linha	<i>Dasher</i>	14
Vazamento na bomba por conta de variação no mix	Bomba	5
Bomba do freezer desarmando devido a montagem errada após a revisão	Bomba	2
Foram verificadas facas oxidadas no <i>dasher</i>	<i>Dasher</i>	7
Variação na bomba devido à O-ring danificado	Bomba	10
Quebra da gaxeta do <i>dasher</i> no cilindro de congelamento	<i>Dasher</i>	1
Variação na viscosidade do produto devido a desgaste das facas do <i>dasher</i>	<i>Dasher</i>	18
Montagem errada das facas após manutenção	<i>Dasher</i>	1
Vazamento na bomba devido a abraçadeira da tubulação frouxa	Bomba	3
Travamento do <i>dasher</i> por conta de pico/queda de energia	<i>Dasher</i>	50
Variação de LPH (vazão) na bomba	Bomba	29
<b>Total</b>		<b>140</b>

Quadro 8 - Principais causas de falhas (fonte própria 2024)

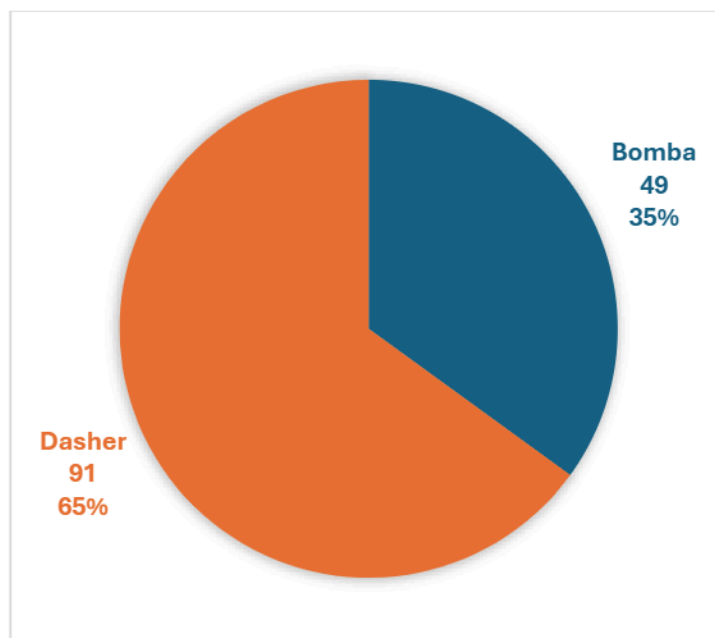


Figura 13 - Distribuição de falhas x componentes (fonte própria 2024)

## 4.2 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE

A partir desse ponto, será analisada a lista das falhas e aplicadas as ferramentas da qualidade apresentadas. De modo a traçarmos o melhor diagnóstico e desenvolver um plano de ações que encaminhe para uma melhor gestão de manutenção destes componentes.

A análise inicial da relação de falhas evidencia que, no período de um ano, entre todas as falhas registradas nos *freezers*, 140 foram relacionadas aos componentes *dasher* e bombas. Destas, 49 correspondem a falhas nas bombas, enquanto 91 estão associadas ao *dasher*.

### 4.2.1 Aplicação - Diagrama de Ishikawa

A análise das falhas será iniciada com a aplicação do Diagrama de Ishikawa, conforme o plano estabelecido. Para essa aplicação, utilizaremos a base de falhas apresentada, classificando-as de acordo com os 6M: Método, Medida, Mão de Obra, Meio Ambiente, Máquina e Material. A figura 13 ilustra o resultado do Diagrama de Ishikawa aplicado, permitindo uma visão estruturada das causas identificadas e facilitando a identificação das áreas de foco.

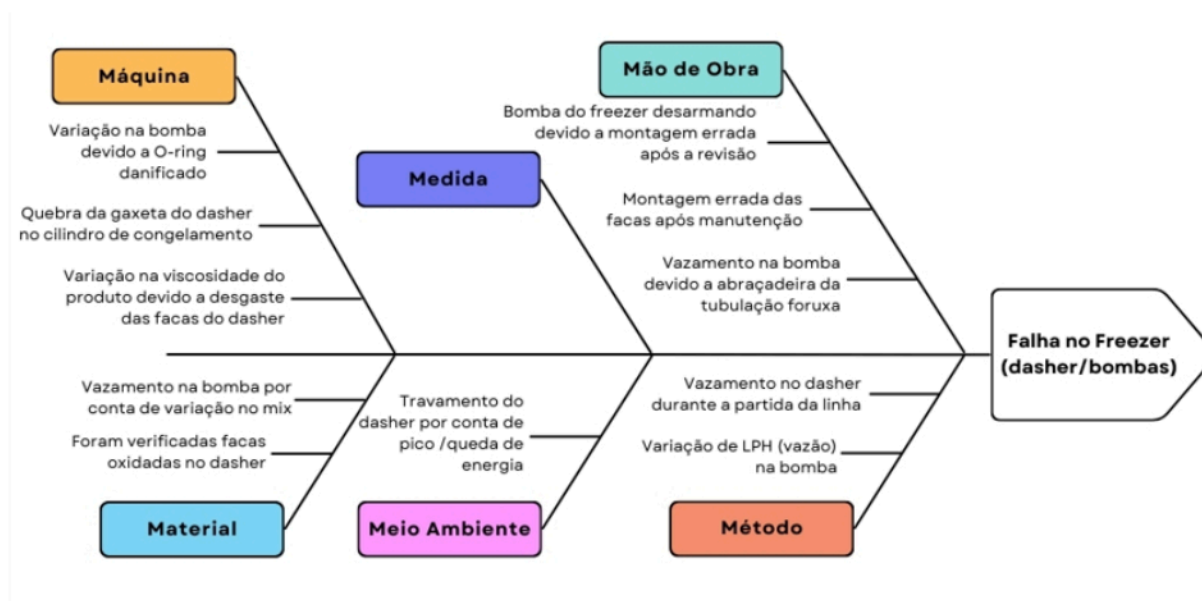


Figura 14 - Aplicação do Diagrama de Ishikawa (fonte própria 2024)

Após a classificação das falhas listadas, será apresentada uma breve explicação de cada uma, destacando os motivos para sua respectiva categorização. É importante ressaltar que essa análise foi realizada em conjunto com os operadores da máquina e os técnicos responsáveis, com o objetivo de compreender as falhas de maneira mais detalhada e aprofundada.

Na categoria de Máquina, as falhas “variação na bomba devido à *O-ring* danificado”, “quebra da gaxeta do *dasher* no cilindro de congelamento” e “variação na viscosidade do produto devido a desgaste das facas do *dasher*” se encaixam pois todas estão relacionadas ao uso intensivo da máquina. Muitas vezes esse uso intensivo por conta de uma necessidade de entrega de produção era priorizado em relação a inspeção e manutenções preventivas.

Já na categoria Método, as seguintes falhas se enquadram: “vazamento no *dasher* durante a partida da linha” e “variação de LPH (vazão) na bomba”. Foi escolhida essa classificação pois entende-se que essas falhas são em geral inerentes ao processo, ao método de produção. Durante a partida de linha e por conta de variações vindas do abastecimento via tubulações o equipamento fica exposto a essas possíveis falhas.

Na categoria Material, incluíram-se as ocorrências: “facas oxidadas no *dasher*” e “vazamento na bomba por conta de variação no mix”. Apesar de serem situações distintas, ambas têm como origem o material ou a matéria-prima. No caso das facas, foi identificado um lote com composição química diferente do padrão, tornando-as mais suscetíveis à oxidação. Já a variação no mix é um problema mais recorrente, causado por componentes como gorduras, aromas e frutas que, eventualmente, chegam fora das especificações ou sem padrões bem definidos. Isso afeta a viscosidade e a uniformidade da mistura, impactando diretamente o funcionamento do freezer.

Na categoria Meio Ambiente, a falha classificada foi: “travamento do *dasher* por conta de pico/queda de energia”. Este problema é crônico na fábrica, afetando não apenas os freezers, mas outros equipamentos. As variações no fornecimento elétrico, influenciadas por condições climáticas, tornam as máquinas vulneráveis a falhas desse tipo.

Por fim, a classe Mão de Obra foi associada à: “bomba do freezer desarmando devido a montagem errada após a revisão”, “montagem errada das facas após manutenção” e “vazamento na bomba devido a abraçadeira da tubulação frouxa”.

Foram classificadas dessa forma, porque todos se enquadram em erros operacionais, de desatenção ou falta de informação durante a execução da tarefa.

Com o diagrama concluído, é possível analisar os resultados e identificar as causas principais. Para facilitar essa análise, o quadro 9 apresenta a concentração de ocorrências por categoria, bem como a diversidade de causas associadas a cada uma delas.

<b>Categoria</b>	<b>N° Causas</b>	<b>N° Ocorrências</b>
Mão de obra	3	6
Máquina	3	29
Material	2	12
Meio ambiente	1	50
Método	2	43
<b>Total Geral</b>	<b>11</b>	<b>140</b>

**Quadro 9 - Resumo do Diagrama de Ishikawa (fonte própria 2024)**

Dessa forma, é possível identificar objetivamente o foco das falhas. Observa-se que a categoria Meio Ambiente concentra o maior número de ocorrências, todas relacionadas a um único tipo de falha. Além disso, as categorias Método e Máquina apresentam uma quantidade significativa tanto de tipos de falha quanto de ocorrências.

Por fim, é possível interpretar como maiores impactos as causas dessas falhas, sendo elas: causas naturais ou climáticas, uso excessivo do equipamento sem inspeção e a instabilidade de retomada de produção em virtude da infraestrutura (tubulações e *layout*).

#### 4.2.2 Aplicação - Matriz GUT

Com base nos resultados obtidos por meio do Diagrama de Ishikawa, será aplicada a Matriz GUT como ferramenta para priorização das falhas identificadas. Essa matriz permite classificar cada falha de acordo com três critérios principais: Gravidade, Urgência e Tendência, atribuindo uma pontuação de 1 a 5 para cada aspecto, de forma crescente, sendo 1 o menos crítico e 5 mais crítico. Os critérios adotados para cada aspecto, foram respectivamente, a gravidade medida pela potencial causa de contaminação de metal no produto, a urgência para a solução do problema e a tendência de piora de cenário ou não, relacionado as consequências da

falha. O objetivo dessa etapa é definir quais problemas devem receber atenção imediata, orientando o planejamento das ações corretivas de forma estratégica e eficiente. No quadro 10, será apresentada a aplicação da Matriz GUT, destacando as falhas mais críticas para a gestão de priorização da manutenção.

Falhas	Gravidade	Urgência	Tendência	Pontuação
Vazamento no <i>dasher</i> durante a partida da linha	1	5	1	5
Vazamento na bomba por conta de variação no mix	1	5	3	15
Bomba do freezer desarmando devido a montagem errada após a revisão	2	3	2	12
Foram verificadas facas oxidadas no <i>dasher</i>	5	5	3	75
Variação na bomba devido a <i>O-ring</i> danificado	1	2	4	8
Quebra da gaxeta do <i>dasher</i> no cilindro de congelamento	5	5	5	125
Variação na viscosidade do produto devido a desgaste das facas do <i>dasher</i>	5	5	4	100
Montagem errada das facas após manutenção	5	5	3	75
Vazamento na bomba devido a abraçadeira da tubulação frouxa	1	5	4	20
Travamento do <i>dasher</i> por conta de pico/queda de energia	1	2	3	6
Variação de LPH (vazão) na bomba	1	2	4	8

**Quadro 10 - Aplicação da Matriz GUT (fonte própria 2024)**

Ao analisar a Matriz GUT, constatou-se que as falhas “quebra da gaxeta do *dasher* no cilindro de congelamento”, “variação na viscosidade devido ao desgaste das facas”, “facas oxidadas no *dasher*” e “montagem incorreta das facas após manutenção” apresentaram um alto nível de prioridade. A seguir, é apresentado o quadro 11, com o *ranking* completo de priorização de todas as falhas, elaborado com base na aplicação da Matriz GUT.

<b>Falhas</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Prioridade</b>
<b>Quebra da gaxeta do <i>dasher</i> no cilindro de congelamento</b>	<b>125</b>	<b>1</b>
<b>Varição na viscosidade do produto devido a desgaste das facas do <i>dasher</i></b>	<b>100</b>	<b>2</b>
<b>Foram verificadas facas oxidadas no <i>dasher</i></b>	<b>75</b>	<b>3</b>
<b>Montagem errada das facas após manutenção</b>	<b>75</b>	<b>4</b>
Vazamento na bomba devido a abraçadeira da tubulação frouxa	20	5
Vazamento na bomba por conta de variação no <i>mix</i>	15	6
Bomba do freezer desarmando devido a montagem errada após a revisão	12	7
Varição na bomba devido a <i>O-ring</i> danificado	8	8
Varição de LPH (vazão) na bomba	8	9
Travamento do <i>dasher</i> por conta de pico/queda de energia	6	10
Vazamento no <i>dasher</i> durante a partida da linha	5	11

**Quadro 11 - Ranking de priorização das falhas (fonte própria 2024)**

#### 4.2.3 Aplicação - FMEA

Com os resultados obtidos a partir do Diagrama de Ishikawa e da Matriz GUT, será aplicada a ferramenta FMEA para aprofundar a análise das falhas priorizadas. O objetivo da FMEA é identificar os modos de falha mais críticos, avaliar seus efeitos e causas, e determinar ações preventivas ou corretivas para minimizar os riscos associados. Avaliando os mesmos modos de falha, porém com critérios diferentes dos apresentados na Matriz GUT, a combinação dessas ferramentas traz uma maior confiabilidade e assertividade nas prioridades selecionadas.

Essa abordagem estruturada permite classificar os modos com base nos critérios de Gravidade, Ocorrência e Detectabilidade, definindo assim o coeficiente RPN, descrito no capítulo 2. Esses critérios são caracterizados pelo índice crescente de 1 a 10, onde são avaliados para a gravidade (igualmente na Matriz GUT), a possibilidade de contaminação do produto, para ocorrência, a frequência em que a falha ocorre, que pode ser medida com a quantidade de ocorrências que é apresentada na base, e para detectabilidade, a dificuldade relacionada a detectar a falha. o objetivo de fornecer uma visão detalhada para um planejamento mais eficiente das melhorias no sistema de manutenção. No quadro 12, será apresentada a aplicação da FMEA, destacando as falhas priorizadas e suas respectivas análises.

<b>Falhas</b>	<b>G</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>RPN</b>
Vazamento no <i>dasher</i> durante a partida da linha	2	8	2	<b>32</b>
Vazamento na bomba por conta de variação no <i>mix</i>	3	6	3	<b>54</b>
Bomba do freezer desarmando devido a montagem errada após a revisão	5	3	5	<b>75</b>
Foram verificadas facas oxidadas no <i>dasher</i>	6	5	8	<b>240</b>
Variação na bomba devido a <i>O-ring</i> danificado	3	5	7	<b>105</b>
Quebra da gaxeta do <i>dasher</i> no cilindro de congelamento	10	4	8	<b>320</b>
Variação na viscosidade do produto devido a desgaste das facas do <i>dasher</i>	7	7	6	<b>294</b>
Montagem errada das facas após manutenção	8	2	6	<b>96</b>
Vazamento na bomba devido a abraçadeira da tubulação frouxa	5	3	1	<b>15</b>
Travamento do <i>dasher</i> devido à queda de energia	4	10	2	<b>80</b>
Variação de LPH (vazão) na bomba	3	9	6	<b>162</b>

**Quadro 12 - Aplicação de FMEA (fonte própria 2024)**

Dessa forma, com base nas classificações atribuídas, o RPN (Número de Prioridade de Risco) é calculado pela multiplicação dos fatores gravidade, ocorrência e detecção. Esse coeficiente reflete o nível de risco associado a cada modo de falha analisado. A partir da interpretação do quadro 12 e dos índices obtidos, pode-se identificar que as falhas de maior risco são, respectivamente: “quebra da gaxeta do *dasher* no cilindro de congelamento”, “variação na viscosidade do produto devido a desgaste das facas do *dasher*” e “facas oxidadas no *dasher*”

#### 4.2.4 Aplicação - 5W2H

Após a análise detalhada das falhas utilizando Diagrama de Ishikawa, Matriz GUT e FMEA, será aplicada a ferramenta 5W2H para estruturar o plano de ação. Essa metodologia fornece uma abordagem prática e objetiva, respondendo às perguntas essenciais para a implementação de ações. A aplicação do 5W2H permite organizar as soluções de forma clara e eficiente, garantindo que as falhas identificadas sejam tratadas adequadamente, com ações bem definidas e responsabilidades atribuídas.

Cruzando as análises de GUT e FMEA, foi possível detectar os três modos de falha que deveriam ser priorizados nesse contexto. Nos resultados da Matriz GUT, como apresentado, tivemos quatro falhas principais identificadas, já após a

classificação FMEA foi possível destas quatro serem priorizadas apenas três para assim dar um maior enfoque e detalhamento ao traçar os planos de ação. Os três modos de falha citados são: “quebra da gaxeta do *dasher* no cilindro de congelamento”, “variação na viscosidade do produto devido a desgaste das facas do *dasher*” e “presença de facas oxidadas no *dasher*”.

Iniciando pela falha com maior prioridade, a “quebra da gaxeta do *dasher*”. Essa falha foi identificada como consequência do uso excessivo do equipamento, sem o tempo adequado de inspeção e manutenção preventiva. O desalinhamento do *dasher* em relação ao eixo foi apontado como a principal causa do problema, resultando na quebra da gaxeta. Com base nessa análise, foi elaborado o plano de ações demonstrado no quadro 13.

5W	<i>What?</i>	Que ação será executada?	Uma melhor estratégia de Planejamento, onde o plano de produção contemple uma inspeção mais criteriosa a ser realizada pela manutenção
	<i>Why?</i>	Por que a ação será executada?	Para evitar esse tipo de falha onde existe grande risco de contaminação com metais no produto e perda financeira devido a avaria ao <i>dasher</i>
	<i>Where?</i>	Onde será executada?	Prédio de Planejamento Estratégico
	<i>When?</i>	Quando será executada?	Prazo de 1 mês
	<i>Who?</i>	Quem irá executar /participar da ação?	Supervisor de Manutenção e Supervisor de Planejamento
2H	<i>How?</i>	Como será executada a ação?	Será desenvolvida uma nova estratégia de planejamento levando em conta essa inspeção mais abrangente no freezer em contrapartida a priorização total do volume de produção, aumentando o risco de falha. A estratégia é imbutir esse tempo de manutenção no planejamento, não gerando falta de produtividade, mas investindo na qualidade.
	<i>How Much?</i>	Quanto vai custar essa ação?	R\$ 0,00

**Quadro 13 - Aplicação de 5W2H para falha prioridade 1 (fonte própria 2024)**

Falando-se da solução proposta, essa mudança estratégica no planejamento visaria uma valorização da manutenção preventiva e um consequente aumento na confiabilidade e segurança do equipamento. Além disso, para fins de esclarecimento, o custo zero é desconsiderando-se o custo operacional inerente do processo, visto que não existe nenhum CAPEX (despesa de capital) para aquisição ou investimento direcionado.

Em seguida, tem-se a falha classificada como prioridade dois: “variação na viscosidade do produto devido ao desgaste das facas do *dasher*”. Essa falha também está associada ao uso intensivo do equipamento e consequente falta de um planejamento adequado de manutenção, semelhante à falha anterior. O plano de ação poderia ser ampliado para abranger essa ocorrência, adotando uma mudança de mentalidade que priorize o planejamento da manutenção e a garantia da qualidade, em vez de pressionar a produção até o limite. Essa abordagem permitiria monitorar o desgaste das facas de forma mais eficaz, garantindo a qualidade do produto e evitando falhas recorrentes.

Porém além da abrangência citada, foi desenvolvido outro plano de ação baseado nesta falha, visando minimizar os gastos e tornar um processo interno, deixando mais rápido, barato e prático a gestão e recondicionamento das facas dos freezers, como mostra o quadro 14.

5W	<i>What?</i>	Que ação será executada?	Compra de um afiador para facas de freezer e capacitação do corpo técnico para utilização da ferramenta
	<i>Why?</i>	Por que a ação será executada?	Para evitar a perda de tempo e recursos que é realizar esse serviço externamente e comprar novas facas, dessa forma, sempre terão facas próprias a disponibilidade da equipe técnica
	<i>Where?</i>	Onde será executada?	Oficina Mecânica
	<i>When?</i>	Quando será executada?	De 1 a 2 meses até a chegada do equipamento
	<i>Who?</i>	Quem irá executar /participar da ação?	Gerente de Engenharia e equipe de compras
2H	<i>How?</i>	Como será executada a ação?	Através da compra de uma ferramenta nova para a oficina além da capacitação dos mecânicos em operá-la, essa ferramenta reduzirá gastos e prazos com facas de freezer
	<i>How Much?</i>	Quanto vai custar essa ação?	R\$ 90.000,00

**Quadro 14 - Aplicação de 5W2H para falha prioridade 2 (fonte própria 2024)**

Considerando a vida útil da faca, que geralmente pode ser reafiada de 3 a 4 vezes, essa durabilidade está diretamente influenciada por diversas variáveis, como o tempo de operação do freezer e a velocidade de rotação do *dasher*, que, por sua vez, varia conforme o tipo de produto processado.

Portanto, implementar um plano para otimizar esse processo, embora represente um investimento inicial relativamente elevado, revela-se uma estratégia vantajosa. Esse investimento seria rapidamente recuperado ao reduzir os custos atuais com transporte, serviços de usinagem realizados externamente e os impactos relacionados à criticidade desse componente. Além disso, a maior autonomia operacional proporcionada por essa abordagem traria ganhos em eficiência e confiabilidade para o processo produtivo.

Por último foi aplicado o 5W2H a “presença de facas oxidadas no *dasher*”, como mostra o quadro 15.

5W	<i>What?</i>	Que ação será executada?	Melhorar a fiscalização e a exigência de garantias na hora da compra
	<i>Why?</i>	Por que a ação será executada?	Para evitar essa falha onde existe grande risco de contaminação com metais e resíduos, as vezes idetectáveis, no produto
	<i>Where?</i>	Onde será executada?	Laboratório da Qualidade
	<i>When?</i>	Quando será executada?	Imediata
	<i>Who?</i>	Quem irá executar /participar da ação?	Equipe de compras em conjunto com Qualidade e Engenharia
2H	<i>How?</i>	Como será executada a ação?	Definindo-se melhores cláusulas e parâmetros a fim de garantir a especificação e a qualidade dos componentes que são tão críticos na produção. Definindo uma criticidade A a esse componente e assim com garantias de medidas e materiais corretos
	<i>How Much?</i>	Quanto vai custar essa ação?	R\$ 0,00

**Quadro 15 - Aplicação de 5W2H para falha prioridade 3 (fonte própria 2024)**

Trata-se, neste caso, de um plano voltado principalmente para resguardar a empresa contra possíveis erros do fornecedor. Num caso de erro de composição química do material, mas que seja aberto para outros fatores que possam vir a expor a produção.

Embora seja uma falha relativamente pontual, possui um impacto significativo devido à natureza estratégica do componente, adquirido em quantidades específicas e com desafios logísticos consideráveis em termos de frete e reposição. Diante disso, é essencial adotar ações rápidas para proteger a operação da empresa, garantindo a manutenção de um estoque adequado de peças de reserva.

Com a aplicação das quatro ferramentas da qualidade, surgem importantes observações e conclusões. Primeiramente, destaca-se que as falhas relacionadas ao *dasher* apresentam uma criticidade significativamente maior em comparação às falhas das bombas. Isso se deve, sobretudo, ao papel crítico desempenhado pelas lâminas do *dasher*, que possuem um contato direto e mais sensível com o produto, impactando diretamente a qualidade do sorvete.

Outro ponto de destaque é a cultura predominante na fábrica, que prioriza intensamente a produção em detrimento da manutenção. O uso excessivo e forçado dos equipamentos, sem o acompanhamento adequado ou respeito aos intervalos planejados de manutenção, é atualmente a principal causa das falhas identificadas. Essa abordagem não apenas compromete a eficiência operacional, mas também gera interrupções não planejadas, impactando a estabilidade e a confiabilidade da linha de produção.

Portanto, uma maior valorização do planejamento e execução da manutenção seria um fator decisivo para aprimorar tanto a qualidade do produto quanto o desempenho da produção. Com intervenções preventivas adequadas e um acompanhamento contínuo dos equipamentos, seria possível reduzir paradas inesperadas, assegurar maior consistência no processo produtivo e, conseqüentemente, atender às demandas de produção com mais eficiência e segurança.

Por fim, ao analisar os resultados e as soluções propostas, fica evidente que, mesmo em situações críticas, algumas falhas podem ser resolvidas sem custos adicionais, apenas com uma mudança de estratégia ou maior alinhamento operacional. Por outro lado, como observado no caso da falha classificada como prioridade 2, o investimento na aquisição de uma ferramenta específica pode se mostrar altamente vantajoso. Essa medida pode otimizar o processo, compensando o investimento ao reduzir custos relacionados à compra de peças, transporte, estoque crítico no almoxarifado e outros fatores. Dessa forma, a análise criteriosa da situação levando em conta os resultados apontados pelas ferramentas vai te guiar no desenvolvimento do melhor plano de ação possível, cruzando a perda associada a falha ao custo e benefício vindo das propostas, determinando diretamente a viabilidade da solução.

## 5 CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, foi possível explorar a aplicação prática de ferramentas consagradas da qualidade — como o Diagrama de Ishikawa, Matriz GUT, FMEA e 5W2H — na identificação, análise e priorização de falhas em equipamentos críticos, com foco nos *freezers* contínuos utilizados em uma fábrica de sorvetes. O estudo evidenciou a importância dessas ferramentas como pilares para uma gestão de manutenção mais eficiente e estratégica.

Além disso, foi explicado de maneira geral a realidade de uma fábrica de sorvetes. Com a explicação do papel de um freezer de congelamento contínuo para sorvetes, e claro, seu papel, onde fica localizado e os riscos associados a um *dasher* e bombas de operação.

As análises permitiram não apenas identificar as principais causas das falhas, mas também priorizar aquelas que demandavam atenção imediata, além de propor soluções concretas para mitigá-las. Entre os resultados, destaca-se a alta criticidade das falhas associadas ao *dasher*, que impactam diretamente a qualidade do produto. Esse equipamento, pela sua função central no processo produtivo, exige um acompanhamento mais rigoroso e frequente.

Ademais, é fundamental destacar a importância de manter um histórico de falhas fiel e atualizado. Embora muitas vezes subestimado, esse aspecto é essencial para garantir a eficácia das análises realizadas. O acompanhamento diário dos dados, aliado ao cuidado com o detalhamento e a precisão das informações registradas, não apenas viabiliza análises como as apresentadas, mas também abre caminho para estudos mais avançados e projeções mais complexas. Essas práticas podem proporcionar resultados ainda mais relevantes, contribuindo significativamente para a melhoria contínua e a tomada de decisões estratégicas

Outro ponto relevante foi a constatação de que a mentalidade de priorização do volume de produção sobre a manutenção é uma das principais causas das falhas recorrentes. O uso excessivo e forçado dos equipamentos sem os devidos acompanhamentos não apenas eleva os riscos de falhas, como também compromete a estabilidade da linha de produção. Essa situação reforça a necessidade de uma mudança cultural, com maior valorização da manutenção como elemento estratégico para garantir a qualidade e a confiabilidade operacional.

De maneira mais ampla, este trabalho destaca a importância de integrar as ferramentas da qualidade à gestão da manutenção em qualquer setor industrial. Essas ferramentas oferecem uma abordagem sistemática e estruturada, permitindo que decisões sejam baseadas em dados e análises aprofundadas. Em um cenário de alta competitividade e exigência por qualidade, a aplicação dessas metodologias não só reduz custos e perdas, mas também promove a melhoria contínua, essencial para a sustentabilidade de longo prazo das operações industriais.

Portanto, recomenda-se que a empresa adote uma abordagem estratégica de manutenção, focada no equilíbrio entre a produtividade e a preservação da integridade dos equipamentos. Isso inclui práticas preditivas, reforço no controle de qualidade junto aos fornecedores, ampliação do estoque de peças críticas e implementação de cronogramas mais robustos de revisões e inspeções.

Com essas iniciativas, qualquer empresa estará mais bem preparada para enfrentar desafios operacionais, reduzindo falhas, garantindo maior estabilidade e confiabilidade na linha de produção, e reforçando seu compromisso com a qualidade e a satisfação do cliente. Assim, as ferramentas da qualidade se consolidam como aliadas indispensáveis para uma gestão de manutenção moderna, eficiente e alinhada às melhores práticas do mercado.

Por fim, é importante ressaltar que este trabalho busca não apenas consolidar a aplicação das ferramentas da qualidade abordadas, mas também abrir caminhos para a exploração de outras metodologias e novas tecnologias que possam surgir com o objetivo de aprimorar a gestão de manutenção. Trata-se de um tema de grande relevância para qualquer tipo de operação industrial, e seu estudo e desenvolvimento ainda possuem um vasto campo de possibilidades para evoluir e contribuir com melhorias significativas nos processos produtivos. Sendo assim, que esse material possa servir como exemplo e base para que venham muitos outros para desenvolver essa temática.

## REFERÊNCIAS

- ALSYOUF, I. **Maintenance Practices in Industrial Plants: Challenges and Opportunities**, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 28, p. 439-449, 2006.
- AVILA, C. A. N; STEFENON, S.F; OLIVEIRA, J.R; COELHO, A.S; VENÇÃO, A.T; KLAAR, A.C.R. **Aplicação do 5W2H para criação do manual interno de segurança do trabalho**. Espacios. v. 37 n 20, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 1994.
- BRASIL. MINISTERIO DA SAUDE. Disponível em < <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/situacao-epidemiologica/>>
- CORDEIRO, J. V. B. de M. **Reflexões sobre a Gestão da Qualidade Total: fim de mais um modismo ou incorporação do conceito por meio de novas ferramentas de gestão?** Revista FAE, Curitiba (PR), v. 7, n. 1, p. 19-33, 17 jun. 2004.
- CROSBY, P. B. **Quality is Free: The Art of Making Quality Certain**. McGraw-Hill, 1979.
- DEMING, W. E. **Out of the Crisis**. MIT Press, 1982.
- DRAPINSKI, Janusz. **Manual de manutenção mecânica básica: manual prático de oficina**. São Paulo: McGraw Hill, 1996
- Ford, M. C. (2011), **Failure Mode and Effects Analysis: FMEA Handbook**, 4.2 ed. Disponível em <<https://fsp.portal.covisint.com/documents/106025/14555722/FMEA+Handbook+v4.2/4c14da5c-0842-4e60-a88b-75c18e143cf7?version=1.0>> Acesso em: 06/09/2024
- FORMIGHIERI, G. **Diagrama de Ishikawa: o que é e como desenvolver**. Disponível em < <https://keeps.com.br/diagrama-de-ishikawa-o-que-e-e-como-desenvolver/>> Publicado em: 26/07/2023
- GARVIN, D. A. **Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge**. New York: Free Press, 1992.
- GRIMALDI, R. e MANCUSO, J.H. **Qualidade Total**. Folha de SP e Sebrae, 6º e 7º fascículos, 1994.
- HARTEL, R. **Engineering Frozen Desserts**. American Institute of Chemical Engineers (AIChE), 2019.

HARVEY, J. A. **Creating a Quality Culture: A Guide to Managing for Quality in Business**. McGraw-Hill, 1992.

HIGGINS, Lindley R and WIKOFF, Darrin J. **Maintenance Engineering Handbook**. [ed.] R. Keith Mobley. 7. London : Mac Graw Hill, 2008.

ISHIKAWA, K. **What is Total Quality Control? The Japanese Way**. Prentice Hall, 1985.

JARDINE, A. K. S., LIN, D., & BANJEVIC, D. **Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications**. CRC Press, 2006.

MARINELLI, Igor. **Principais ferramentas para a gestão da manutenção ter sucesso**. Revista Manutenção, 2021.

MENDES, M.F. **A importância dos sistemas QAS (Qualidade, Ambiente e Segurança) nas Pequenas e Médias Empresas PME**, 2007. 177 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Qualidade, Segurança e Manutenção na Universidade do Minho. Braga, 2007.

MENDES, Renan Maçana. **Implementação do PCM nas organizações**, 2019. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Administração da Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro, 2019.

MOBLEY, R. K. **An Introduction to Predictive Maintenance**. 2. Ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2002.

MOBLEY, R. K. **Maintenance Fundamentals**. Elsevier, 2004.

MOUBRAY, John. **Reliability-Centered Maintenance (RCM)**. 2ª edição, Industrial Press Inc., 1997.

NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance – TPM**, Productivity Press, Cambridge, 1988.

NASA. **Procedures for Performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)**. NASA Procedural Requirements, 2000.

NASCIF, Júlio; DORIGO, Luiz Carlos. **Manutenção orientada para resultados**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2013

OAKLAND, J. S. **Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies**. Butterworth-Heinemann, 2003.

PENEDO, LS; De Carvalho, JT; Costa, WL; De Andrade, MME; Da Cruz, PLS; Galvão, TWFB; Galvão, TWFB. **Utilização das ferramentas da qualidade nos processos de manutenção, visando o desperdício de tempo e a produtividade**. Revista Teccen. 2020.

RAMOS, Davidson. **Gurus da Qualidade: Kaoru Ishikawa**. Disponível em <<https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade-kaoru-ishikawa/>> Publicado em 11/07/2017.

RAMOS, Davidson. **Gurus da Qualidade: Philip Crosby**. Disponível em <<https://blogdaqualidade.com.br/gurus-da-qualidade-philip-crosby/>> Publicado em 29/06/2017.

RODRIGUES, L; FERNANDES C; CRUZ, E. F; SILVA, M. J. **Gestão da qualidade eficiente no setor de manutenção da indústria**. Repositório Anima Educação, 2023.

RODRIGUES, V.S.R; MUNIZ, F. **Gestão da manutenção para prevenção de falhas em uma empresa de táxi aéreo**. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2021.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Editora QualityMark, 2005.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis - FMEA from Theory to Execution**. 2.ed. Milwaukee, USA: ASQ Quality Press, 2003.

TETRAPAK (2021), **Bomba rotativa**. Disponível em <<https://www.tetrapak.com/pt-br/solutions/integrated-solutions-equipment/processing-equipment/freezing/Continuous-Freezer-S1500-A2>> Acesso em: 13/10/2024

TETRAPAK (2021), **Continuous Freezer Serie A2**. Disponível em <<https://www.tetrapak.com/pt-br/solutions/integrated-solutions-equipment/processing-equipment/freezing/continuous-freezer-A2-series>> Acesso em: 13/10/2024

TETRAPAK (2021), **Dasher/Batedor de sorvete**. Disponível em <<https://www.tetrapak.com/pt-br/insights/cases-articles/unique-dasher-beater-ice-cream>> Acesso em: 13/10/2024

VIANA, H. R. G. **PCM: planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora QualityMark, 2002.

WESKE, M. **Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures**. Springer, 2012.

WINDHAB, E. J. e BOLLIGER S. **Low Temperature Ice Cream Extrusion Technology and Related Ice Cream Properties**. European Dairy Magazine,10, pp. 24–28 , 1998.

XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção:Tipos e Tendências**. Belo Horizonte, TECÉM – tecnologia empresarial Ltda, 2013.