



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIAS E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ISABEL CRISTINA FARIAS DA SILVA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM  
UMA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES**

Recife

2023

ISABEL CRISTINA FARIAS DA SILVA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM  
UMA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Química da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.

Orientador: Luciano Costa Almeida

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Isabel Cristina Farias da.

Aplicação da metodologia DMAIC para redução de perdas em uma indústria  
de chocolates / Isabel Cristina Farias da Silva. - Recife, 2023.

52 p. : il., tab.

Orientador(a): Luciano Costa Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química -  
Bacharelado, 2023.

1. Chocolate. 2. DMAIC. 3. Máquina. 4. Melhoria. 5. Qualidade. I.  
Almeida, Luciano Costa. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

ISABEL CRISTINA FARIAS DA SILVA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM  
UMA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Química da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química.

Aprovado em: 19/09/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Luciano Costa Almeida (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Felipe Pedro da Costa Gomes (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Marta Maria Menezes Bezerra Duarte (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar ao meu lado, por todas as oportunidades concedidas e por ter sido minha força em toda essa jornada.

Aos meus pais, Sérgio Ricardo e Janaina Ferreira, que sempre me incentivaram a realizar meus sonhos e não mediram esforços para suportar toda a minha jornada.

Aos meus irmãos, Sergio Gabriel e Rafael Mateus, por trazer paz e alegria para os meus dias.

A todos os meus familiares, tios, tias, primos, avós, que sempre torceram pelo meu sucesso, e em especial a minha avó, Marlene Monteiro, que me deu todo o suporte durante os dias intensos da pandemia.

Ao meu namorado, João Gabriel, por todo o seu amor, leveza, humor, companheirismo e suporte emocional durante toda a graduação.

A todos meus companheiros de trabalho, supervisores, operadores de produção, técnicos de manutenção, e em especial a Janaílson Souza, Rafael Vasco e Thalisson Cunha, que colaboraram diariamente com o meu aprendizado e desenvolvimento profissional.

Ao meu orientador, professor Dr. Luciano Costa, por ter aceitado o convite de me acompanhar na conclusão deste trabalho, ter me acolhido em diversos momentos da graduação e ter me guiado com tranquilidade, excelência e sabedoria durante esse período.

A todos os professores e profissionais que contribuíram para minha formação durante toda a jornada escolar e universitária.

Aos meus amigos da faculdade, por todos os projetos, relatórios, estudos, incentivos e suporte durante toda a graduação.

À Universidade Federal de Pernambuco, em especial ao Departamento de Engenharia Química, que forneceu os recursos necessários para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

## RESUMO

Com a ampliação do mercado consumidor e da competitividade, tem sido crescente a busca por abordagens de aprimoramento dos processos por parte das empresas. Tal cenário requer a aplicação de teorias da qualidade e da melhoria contínua, com destaque para o *Lean Six Sigma*. Este princípio, focado na redução de desperdícios e da variabilidade, fornece uma abordagem prática para solucionar problemas complexos, isto é, a metodologia DMAIC. Considerando a relevância da indústria de chocolates na economia brasileira, a presente pesquisa teve o objetivo de aplicar o método DMAIC para redução de perdas em uma fábrica de chocolates. Para tanto, empregou-se também as principais ferramentas da qualidade e de gestão, a fim de elevar a eficiência do estudo. Por meio dessa abordagem, analisou-se os dados do segundo semestre de 2022, sendo possível definir que a maior perda por paradas não planejadas da fábrica advinha das pequenas paradas da embaladora primária (HRM 2) da linha de bombom. Então, integrou-se evidências estatísticas e práticas para determinar as causas potenciais relacionadas ao problema e priorizá-las. Posteriormente, foram elaborados planos de ação e de controle visando a resolução do problema, os quais contemplaram modificações na máquina, nas especificações das massas do chocolate e no acompanhamento do material da embalagem fornecido à fábrica. O resultado principal desse projeto foi uma redução de 55% da referida perda, o que representa uma produtividade de R\$ 219.204,00 no ano para a empresa. Assim, constatou-se que o método DMAIC, bem como as ferramentas da qualidade e de gestão, são eficazes para melhoria na performance das máquinas e dos processos produtivos, impactando positivamente nos resultados das indústrias e no desenvolvimento das pessoas envolvidas na aplicação.

**Palavras-chave:** chocolate; DMAIC; máquina, melhoria; perdas; qualidade.

## ABSTRACT

With the expansion of the consumer market and competitiveness, the search for approaches to improve results by companies has been increasing. Such a scenario requires the application of quality and continuous improvement theories, with emphasis on Lean Six Sigma. This principle, focused on reducing waste and variability, provides a practical approach to solving complex problems, that is, the DMAIC methodology. Considering the relevance of the chocolate industry in the Brazilian economy, the present research aimed to apply the DMAIC method to reduce losses in a chocolate factory. To this end, the main quality and management tools were also used, in order to increase the efficiency of the study. Using this approach, data from the second half of 2022 was analyzed, making it possible to determine that the biggest loss due to unplanned stoppages at the factory came from the small stoppages of the primary packaging machine (HRM 2) on the candy line. Then, statistical and practical evidence was integrated to determine the potential causes related to the problem and prioritize them. Subsequently, action and control plans were drawn up to resolve the problem, which included changes to the machine, the specifications of the chocolate masses and monitoring of the packaging material supplied to the factory. The main result of this project was a 55% reduction in said loss, which represents a productivity of R\$ 219,204.00 for the year for the company. Thus, it was found that the DMAIC method, as well as quality and management tools, are effective in improving the performance of machines and production processes, positively impacting the results of industries and the development of the people involved in the application.

**Keywords:** chocolate; DMAIC; improvement; losses; machine; quality.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 –	Produção de bombons	18
Figura 2 –	Exemplo de diagrama causa e efeito	25
Figura 3 –	Tipos de histograma	25
Figura 4 –	Exemplo da matriz esforço e impacto	27
Figura 5 –	Etapas do DMAIC em conjunto com as ferramentas	30
Figura 6 –	Equipe de projeto	36
Figura 7 –	Representação geral da máquina	38
Figura 8 –	Fluxograma do processo produtivo	40
Figura 9 –	Diagrama causa e efeito	41
Figura 10 –	Matriz esforço e impacto	43

## **LISTA DE QUADROS E TABELAS**

Quadro 1 –	Sete desperdícios de Ohno	20
Tabela 1 –	Custo da não qualidade	21
Quadro 2 –	Ciclo DMAIC	22
Quadro 3 –	Classificação de paradas não planejadas	33
Quadro 4 –	Descrição das causas potenciais	42
Quadro 5 –	5W2H das causas ver e agir	44
Quadro 6 –	5W2H das causas prioritárias	45
Quadro 7 –	Procedimento operacional padrão da HRM 2	47

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 –	Volumes de chocolate no Brasil em mil toneladas	16
Gráfico 2 –	Produção de chocolates por categoria de produtos	17
Gráfico 3 –	Exemplo de diagrama de Pareto	23
Gráfico 4 –	Perdas por paradas não planejadas	34
Gráfico 5 –	Perda por pequenas paradas em cada linha de produção	34
Gráfico 6 –	Pequenas paradas na linha de bombom	35
Gráfico 7 –	Modos de falha na HRM 2	37
Gráfico 8 –	Capacidade inicial	38
Gráfico 9 –	Tempo de pequenas paradas na HRM 2	46
Gráfico 10 –	Capacidade final	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H	<i>What, Who, Where, When, Why, How, How Much</i>
6M	<i>Manpower, Method, Machine, Material, Milieu and Measurement</i>
ABICAB	Associação Brasileira da Indústria de Chocolate, Amendoim e Balas
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
HRM 2	Empacotadora tubular automática 2
IHM	Interface homem máquina
MEI	Matriz esforço e impacto
ICCO	Organização Internacional do Cacau
POP	Procedimento Operacional Padrão
RAIS	Relação anual de informações sociais
SMART	<i>Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\sigma$  *Sigma*

X Causa potencial

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>16</b>
2.1	INDÚSTRIA DE CHOCOLATES NO BRASIL	16
2.2	PROCESSO PRODUTIVO DE BOMBONS	18
2.3	GESTÃO DA QUALIDADE	19
2.4	<i>LEAN SIX SIGMA</i>	19
2.4.1	<i>Lean Manufacturing</i>	20
2.4.2	<i>Six Sigma</i>	21
2.4.3	<b>Metodologia DMAIC</b>	<b>22</b>
2.5	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	22
2.5.1	<b>Diagrama de Pareto</b>	<b>23</b>
2.5.2	<b>Fluxograma</b>	<b>24</b>
2.5.3	<b>Diagrama causa e efeito</b>	<b>24</b>
2.5.4	<b>Histograma</b>	<b>25</b>
2.6	FERRAMENTAS DE GESTÃO	26
2.6.1	<i>Brainstorming</i>	26
2.6.2	<b>Matriz esforço e impacto</b>	<b>26</b>
2.6.3	<b>5W2H</b>	<b>27</b>
2.6.4	<b>Procedimento operacional padrão</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>29</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	29
3.2	MAPEAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS	29
3.3	ETAPAS DA PESQUISA	29
3.3.1	<b>Definir</b>	<b>30</b>
3.3.2	<b>Medir</b>	<b>31</b>
3.3.3	<b>Analisar</b>	<b>31</b>
3.3.4	<b>Melhorar</b>	<b>31</b>
3.3.5	<b>Controlar</b>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>33</b>
4.1	MAPEAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS	33
4.2	ETAPAS DA PESQUISA	35

<b>4.2.1</b>	<b>Definir</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Medir</b>	<b>36</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Analisar</b>	<b>39</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Melhorar</b>	<b>43</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Controlar</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O chocolate é um produto alimentício de grande consumo no cotidiano das pessoas, principalmente em ocasiões em que se busca sensações de relaxamento, melhora de humor e diminuição do estresse. Pode ser encontrado em diferentes configurações, com recheios diversos, coberturas variadas, além de formatos e consistências distintas. Trata-se de uma mistura de partículas sólidas, como açúcar, cacau e leite, dispersas em uma fase gordurosa contínua, que contribuem para as características sensoriais do chocolate, como aroma, cor e sabor (Santos, 2020).

Em relação ao cenário desse setor produtivo no Brasil, observa-se um forte potencial de crescimento para a indústria de chocolates, uma vez que o país está entre os maiores processadores de cacau do mundo, trazendo vantagem para o desenvolvimento dessas indústrias. Além de contar com um relevante parque industrial de produção de leite e açúcar, outras duas importantes matérias-primas para a produção de chocolate e seus derivados (Fiesp, 2021).

Frente a um mercado altamente competitivo, a busca por metodologias de qualidade para aumentar a satisfação dos clientes e garantir a sobrevivência no mercado tem sido crescente por parte das empresas. Surge, então, a necessidade de gerenciar de forma abrangente todas as atividades produtivas, desde o projeto até a entrega do produto ou serviço, seguindo os princípios da gestão da qualidade (Carvalho; Paladini, 2012). De acordo com Lobo (2010), a gestão da qualidade abrange uma série de atividades que englobam o estabelecimento de objetivos, a definição de responsabilidades, o controle, o planejamento, e a melhoria contínua, de forma a aumentar a competitividade da empresa no mercado.

No contexto das abordagens de melhoria organizacional, destaca-se o princípio do *Lean Six Sigma*, que consiste numa estratégia adequada para a resolução dos mais diversos tipos de problemas relacionados ao aprimoramento de processos e produtos. De acordo com Werkema (2012), o *Lean Six Sigma* é considerado uma filosofia essencial para o funcionamento dos sistemas de melhoria e inovação diária que compõem a gestão dos negócios. Essa abordagem se originou a partir da integração do *Lean Manufacturing* com o *Six Sigma*, em que o primeiro busca agregar valor aos produtos a partir da redução dos desperdícios e o segundo concentra-se na melhoria dos processos a partir da eliminação de defeitos (Werkema, 2012).

A aplicação desse princípio requer a utilização de uma metodologia bem estruturada, denominada DMAIC, a qual proporciona uma sequência ordenada para a condução de projetos, possibilitando o alcance de metas estratégicas. É composta por cinco etapas interligadas que visam a melhoria dos processos: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Na fase definir, seleciona-se e identifica-se o projeto adequado; na fase medir são estabelecidos os parâmetros e desempenhos a serem avaliados; no analisar identifica-se as principais causas determinantes do problema; no melhorar são realizadas alterações e otimizações no processo, e no controlar sustenta-se os resultados alcançados (Sokovic; Pavletic; Pipan, 2010).

A eficácia da metodologia DMAIC está diretamente relacionada à utilização de ferramentas da qualidade e de gestão. As ferramentas de qualidade consistem em técnicas de estatística e correlação de variáveis, com o objetivo aumentar a qualidade dos produtos. Por outro lado, as ferramentas de gestão têm uma aplicação mais estratégica, visando o aprimoramento no gerenciamento das atividades de uma organização (Carvalho; Paladini, 2012).

Ambos conjuntos de ferramentas desempenham papéis distintos, mas complementares, na busca pela excelência organizacional e na tomada de decisões eficazes. Dentre as mais diversas ferramentas disponíveis para pragmatizar as etapas do método DMAIC, no estudo a ser apresentado serão utilizadas as seguintes ferramentas da qualidade: Diagrama de Pareto, Fluxograma, Diagrama causa e efeito e Histograma; e as seguintes ferramentas de gestão: *Brainstorming*, Matriz esforço e impacto, Plano de ação 5W2H e Procedimento operacional padrão.

O presente trabalho tem como objetivo geral aplicar o método DMAIC a partir da utilização de ferramentas da qualidade e de gestão em uma Indústria de Chocolates situada no Brasil, visando a redução de perdas e a melhoria contínua no processo produtivo. Como objetivos específicos: mapear e identificar as principais perdas no processo produtivo da indústria; definir uma meta de redução para a maior perda; descrever a sequência metodológica do estudo de caso, através do emprego do Ciclo DMAIC e de ferramentas da qualidade e de gestão adequadas às etapas; implementar melhorias eficazes para redução da perda; avaliar os resultados obtidos com a meta especificada inicialmente; e garantir a perpetuação das melhorias implementadas.

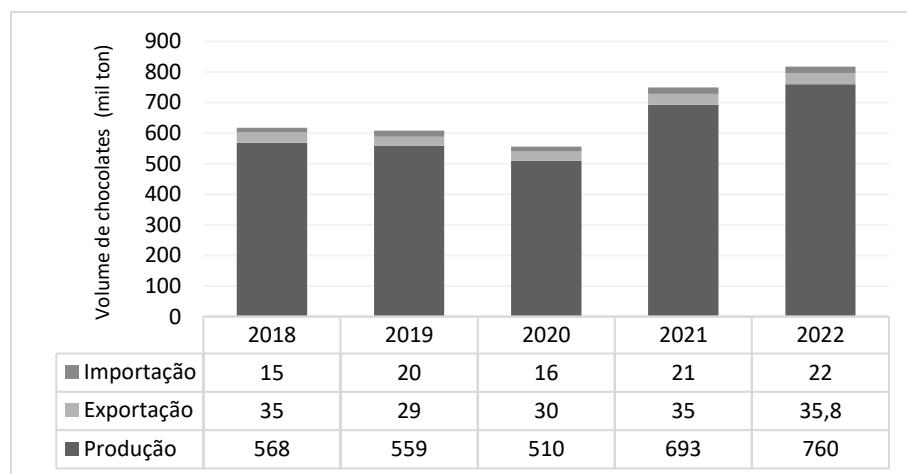
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são abordados os principais conceitos e teorias relacionados a pesquisa, a fim de construir uma base de conhecimento sólida que fundamente o trabalho. Assim, apresenta-se um panorama amplo do contexto histórico e social relevante para o estudo, o processo produtivo que envolve o tema e as metodologias associadas ao ambiente industrial.

### 2.1 INDÚSTRIA DE CHOCOLATES NO BRASIL

O Brasil está classificado entre os cinco países que lideram o volume de produção de chocolates. De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Chocolate, Amendoim e Balas (ABICAB), o país produziu aproximadamente 760 mil toneladas de chocolates em 2022, conforme observa-se no Gráfico 1. Esses números indicam um crescimento 8,3% em relação ao mesmo período de 2021, o que implica a importância da indústria de chocolate no país, tanto em termos de produção quanto de participação no mercado consumidor global.

Gráfico 1 – Volume de chocolates no Brasil em mil toneladas.



Fonte: Adaptado de Abicab (2023).

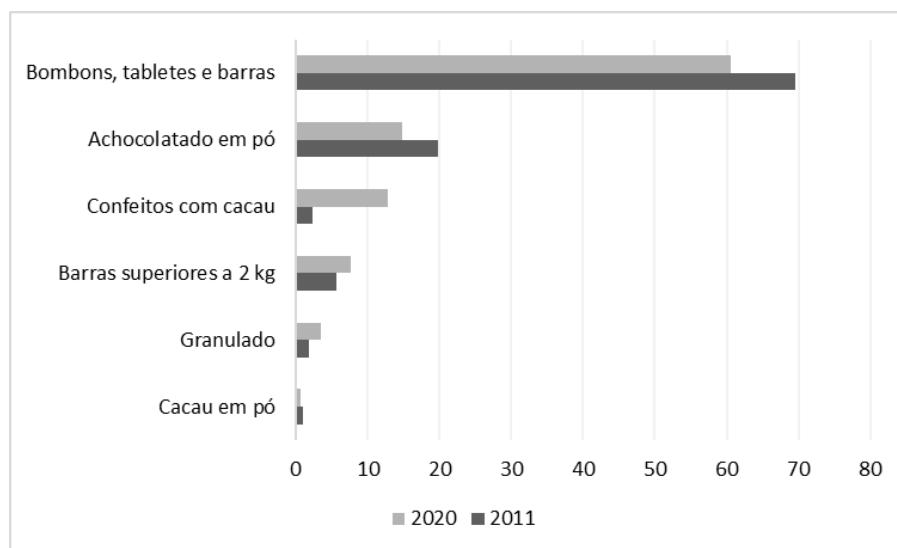
O crescimento da produção de chocolates no Brasil é favorecido principalmente pela disponibilidade das principais matérias-primas do produto em território nacional. O país é rico em recursos naturais, o que inclui a produção de cacau, açúcar e leite,

que são ingredientes essenciais para a fabricação de chocolates (Fiesp, 2021). Segundo dados da Organização Internacional do Cacau (ICCO), o Brasil ocupou a sexta posição na produção global de cacau em 2020, com cerca de 256 mil toneladas produzidas (ICCO, 2021). Além disso, o país produziu aproximadamente 33,5 milhões de toneladas de açúcar na safra de 2020 (Conab, 2021) e em torno de 34,6 bilhões de litros de leite neste mesmo ano (IBGE, 2021).

Tal cenário caracteriza-se como um grande incentivo para a instalação de indústrias de chocolates no território nacional. De acordo com informações da Relação anual de informações sociais (RAIS), vinculada ao Ministério da Economia, existem cerca de 635 estabelecimentos produtores de chocolates no Brasil. Além disso, tem-se a presença de grandes empresas multinacionais, proporcionando aproximadamente 39 mil empregos (Abicab, 2023). Estima-se que o valor bruto da produção industrial do setor seja de R\$ 12,2 bilhões, registrando um aumento de 9% ao longo de uma década (Fiesp, 2021).

Dentre a ampla variedade de opções disponíveis no mercado, as principais categorias de chocolates produzidos no país entre 2011 e 2020, foram os bombons, tabletes e barras, conforme visualiza-se no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Produção de chocolate por categoria de produtos (%)



Fonte: Adaptado de Fiesp (2021).

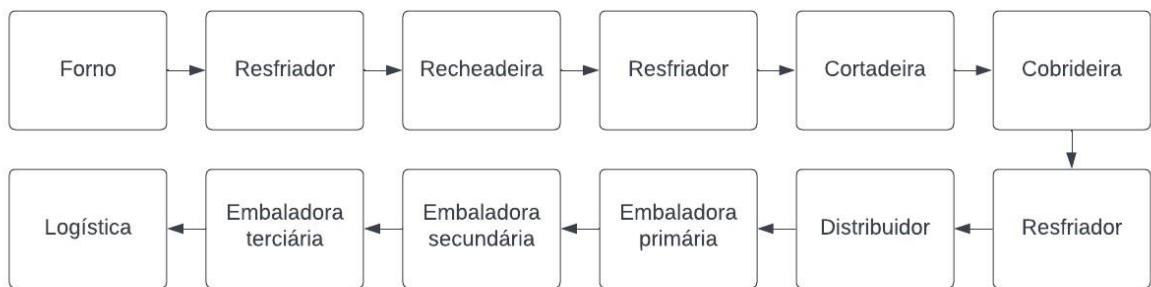
Como pode ser contestado pelo Gráfico 2, estes produtos representaram cerca de 61% do valor de produção, com os maiores aumentos em termos de volume (Fiesp,

2021). Vinculadas com os gostos e preferências dos consumidores, estas categorias apresentam-se como as principais oportunidades de negócios para as empresas. Diante disso, faz-se relevante a compreensão do processo produtivo envolvido na obtenção de desses produtos. Devido a relação com a pesquisa, será focado especificamente no processo produtivo dos bombons.

## 2.2 PROCESSO PRODUTIVO DE BOMBONS

O bombom é constituído por um núcleo recheado de diversos sabores, o qual posteriormente é coberto por camadas de chocolate para obtenção do produto final (Diogo, 2015). Geralmente, o processo produtivo de bombons é realizado em linhas de produção contínuas, as quais recebem as massas de recheio e cobertura prontas da área de refinaria das fábricas. Na Figura 1, ilustra-se de forma esquemática os equipamentos de uma linha produtiva de bombons.

Figura 1 – Produção de bombons.



Fonte: Adaptado de Diogo (2015).

Conforme observa-se Figura 1, no geral existem três etapas principais na produção de bombons: a formação do molde do núcleo no forno, a dosagem de recheio na recheadeira e a cobertura com chocolate na cobrideira. As várias zonas de resfriamento ao longo do processamento possuem a função de fornecer as temperaturas adequadas para garantia das características finais do produto (Richter, 2005). Por fim, os sistemas de distribuição das máquinas transportam o produto unitário até a embalagem, onde são empacotados- e destinados para a logística.

Diante dos diversos processos envolvidos na produção dos bombons, nota-se a necessidade de introduzir sistemas de gestão da qualidade para garantir a eficiência do processo e a entrega do produto com qualidade.

## 2.3 GESTÃO DA QUALIDADE

A palavra qualidade apresenta um conceito abrangente e subjetivo, pois o que pode ser considerado como qualidade por uma pessoa pode não ser necessariamente visto dessa forma por outra. Considerando a diversidade de interpretações, a definição de qualidade por vários pensadores se complementa e está intimamente relacionada à satisfação dos clientes (Carvalho; Paladini, 2012). Dessa forma, trata-se de um conceito com múltiplas facetas, sustentado no propósito de corresponder às expectativas dos consumidores em relação aos produtos e serviços.

De acordo com Carpinetti (2016), a partir da década de 1970, as empresas americanas começaram a perder mercado e competitividade para seus concorrentes japoneses. Isso evidenciou a importância de adotar uma visão estratégica da qualidade, focando no desenvolvimento de produtos que geram confiabilidade na sociedade e que proporcionam uma vantagem competitiva através da satisfação dos clientes, em vez de simplesmente atender às especificações técnicas.

Para tanto, faz-se necessário introduzir a qualidade também ao nível organizacional, integrando-a em todas as atividades envolvidas nos processos e áreas da indústria. Isso resulta na formação de um sistema de qualidade abrangente, conceituado de gestão da qualidade (Carvalho; Paladini, 2012). Tal abordagem permite o aprimoramento da competitividade da empresa, baseada na utilização de metodologias e ferramentas capazes de aprimorar os resultados da organização e atender as exigências do mercado.

Dentre os princípios de gestão da qualidade mais eficazes, destaca-se o *Lean Six Sigma*, uma iniciativa com foco na obtenção de resultados concretos, na melhoria dos processos, na eficiência operacional e na criação de valor agregado (Dias, 2011).

## 2.4 LEAN SIX SIGMA

A metodologia *Lean Six Sigma* surgiu a partir da união de dois princípios: o *Lean Manufacturing* e o *Six Sigma*. Por um lado, o *Lean Manufacturing* baseia-se na redução dos desperdícios visando a velocidade no processo produtivo, e por outro o *Six Sigma* representa uma abordagem de eliminação de defeitos, a partir da busca contínua pela redução da variabilidade. Dessa forma, o *Lean* identifica e elimina

problemas no fluxo, enquanto o *Six Sigma* aprimora a capacidade das etapas que agregam valor (Werkema, 2012). Assim, a vantagem de utilizar essas metodologias de forma conjunta está na melhoria no desempenho dos processos, por meio da identificação e solução dos problemas de forma otimizada.

#### 2.4.1 *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* teve origem no Sistema Toyota de Produção, no Japão, nas décadas de 1940 e 1950. Esse sistema foi desenvolvido como uma resposta aos desafios enfrentados pela indústria automobilística, buscando eliminar desperdícios, reduzir custos e melhorar a produtividade, a partir da aplicação do pensamento enxuto (Werkema, 2012).

Os princípios do *Lean Manufacturing* incluem a eliminação dos sete desperdícios, descritos no Quadro 1, os quais são identificados por atividades que não agregam valor, segundo Taiichi Ohno (1988).

Quadro 1 – Sete desperdícios de Ohno.

Tipo de desperdício	Exemplos
Defeitos	Erros em faturas, pedidos, cotações de compra de materiais.
Excesso de produção	Processamento e/ou impressão de documentos antes do necessário, aquisição antecipada de materiais.
Estoques	Material de escritório, catálogos de vendas, relatórios.
Processamento desnecessário	Relatórios não necessários ou em excesso, cópias adicionais de documentos, reentrada de dados.
Movimento desnecessário	Caminhadas até o fax, copiadora, almoxarifado.
Transporte desnecessário	Anexos de e-mails em excesso, aprovações múltiplas de um documento.
Espera	Sistema fora do ar ou lento, ramal ocupado, demora na aprovação de um documento.

Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

De acordo com o Quadro 1, observa-se que os sete desperdícios tratam-se de atividades que aumentam o tempo entre o pedido do cliente e a entrega do produto. Deste modo, as organizações devem ter suas atividades bem definidas e sustentadas para evoluir no quesito qualidade e aumentar a velocidade de entrega dos produtos (Dias, 2011).

## 2.4.2 Six Sigma

O *Six Sigma* foi introduzido pela Motorola na década de 1980, com a finalidade de tornar a empresa mais competitiva frente aos concorrentes, a partir da utilização de técnicas estatísticas, buscando a eliminação dos defeitos. Um defeito é definido como a não conformidade de um produto ou serviço sobre as especificações do cliente (Dias, 2011).

O símbolo *sigma* ( $\sigma$ ), proveniente do alfabeto grego, é empregado para denotar a variação em relação à média de um processo. Ao aplicá-lo, é possível gerar uma redução nos custos de retrabalho e perdas. Desse modo, torna-se viável representar a habilidade de cumprir as especificações de um produto ou serviço com uma taxa de sucesso de 99,9997%, o que equivale a apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (Mani; Pádua, 2008).

O fato de possuir um alto nível *sigma* implica em reduzir a variabilidade e aumentar a conformidade do processo, resultando em impactos positivos nos resultados financeiros (Werkema, 2012). Isto pode ser analisado por meio da Tabela 1, que além de apresentar os valores utilizados pela metodologia *Six Sigma*, também revela a porcentagem correspondente ao custo da falta de qualidade em relação à receita das empresas.

Tabela 1 – Custo da não qualidade.

Nível da qualidade	Defeitos por milhão (PPM)	Custo da não qualidade (percentual do faturamento da empresa)
Dois <i>sigma</i>	308.537	Não se aplica
Três <i>sigma</i>	66.807	25 a 40%
Quatro <i>sigma</i>	6.210	15 a 25%
Cinco <i>sigma</i>	233	5 a 15%
Seis <i>sigma</i>	3,4	< 1%

Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

A partir da Tabela 1, nota-se que as métricas dessa teoria podem ser relacionadas, a partir de valores específicos. O *Lean Six Sigma* é explorado na prática por meio da realização de projetos que desempenham papel importante para o alcance de metas estratégicas da organização, sequenciados em uma metodologia estruturada chamada DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

### 2.4.3 Metodologia DMAIC

O ciclo DMAIC trata-se de uma abordagem que assegura uma sistemática ordenada, lógica e eficaz no gerenciamento de projetos, com o objetivo de identificar, quantificar e minimizar as fontes de variação (Sokovic; Pavletic; Pipan, 2010). É composto por cinco etapas interligadas que visam a melhoria dos processos, conforme visualiza-se no Quadro 2.

Quadro 2 – Ciclo DMAIC.

Etapa	Atividades
Definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Descrição do problema;</li> <li>● Avaliação do histórico do problema e impacto no negócio;</li> <li>● Definição da equipe, da meta e do cronograma;</li> </ul>
Medir	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Coleta de dados;</li> <li>● Análise do sistema de medição e do desempenho do processo;</li> <li>● Estratificação do problema;</li> </ul>
Analisar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Análise do processo gerador do problema prioritário;</li> <li>● Identificação das causas potenciais do problema prioritário;</li> <li>● Priorização das causas potenciais;</li> </ul>
Melhorar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Levantamento de soluções para eliminação das causas potenciais;</li> <li>● Priorização das soluções mais adequadas para resolução do problema prioritário;</li> </ul>
Controlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Análise dos resultados obtidos e do alcance da meta;</li> <li>● Padronização das alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

De acordo com o Quadro 2, nota-se que há atividades específicas relacionadas a cada etapa do ciclo, a fim aprimorar os resultados das organizações. A aplicação da metodologia DMAIC requer a utilização de ferramentas da qualidade e de gestão, as quais fornecem suporte ao desenvolvimento das etapas presentes no método.

## 2.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade são um conjunto de técnicas estatísticas utilizadas para a melhoria de produtos e serviços. Seu objetivo principal é identificar, analisar e resolver problemas de qualidade, a partir da redução dos defeitos e das variações nos processos, garantindo que os produtos e serviços atendam aos padrões de qualidade estabelecidos (Machado, 2012).

As sete ferramentas básicas da qualidade são: Diagrama de Pareto, Diagrama causa e efeito, Fluxograma, Histograma, Folha de verificação, Diagrama de dispersão

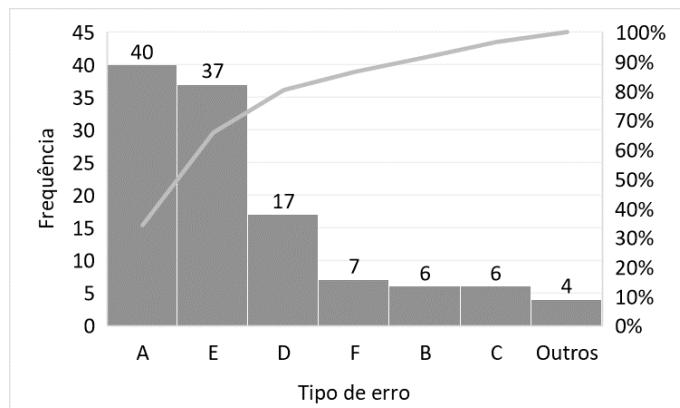
e Gráficos de controle (Werkema, 2012). Nesse estudo, algumas dessas ferramentas serão utilizadas, devido a sua relevância no tema, as quais são descritas a seguir.

### 2.5.1 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto, com base na teoria de Vilfredo Pareto, é uma ferramenta muito utilizada para lidar com problemas de qualidade. Baseia-se no princípio de que todos os efeitos de um problema, é advindo de algumas poucas causas. Assim, ao identificar as causas principais desses problemas, é possível eliminar quase todas as perdas por meio de um número reduzido de ações (Carpinetti, 2016).

Segundo Carvalho e Paladini (2012), o Diagrama de Pareto permite visualizar as prioridades, concentrando-se nas causas mais significativas e críticas que devem ser tratadas primeiro. Um exemplo da aplicação do Diagrama de Pareto é dado no Gráfico 3, por meio da representação de um gráfico de barras, facilitando sua compreensão.

Gráfico 3 – Exemplo de Diagrama de Pareto.



Fonte: Adaptado de Werkema (2012).

A partir do Gráfico 3, nota-se que o principal tipo de erro é o A, uma vez que possui a maior frequência de ocorrência quando comparado com os demais. Desta forma, esta ferramenta facilita a definição do foco dos problemas, para evitar esforços excessivos em atividades que não geram tanto impacto.

### 2.5.2 Fluxograma

De acordo com Soares (2021), o uso dessa ferramenta visa a representação sequencial das etapas de um processo produtivo, oferecendo visão geral das atividades e possibilitando uma compreensão abrangente do fluxo. Ainda, possibilita o conhecimento das características gerais do processo, destaque de pontos de aprimoramento e sequências de ações interligadas de forma encadeada (Carvalho; Paladini, 2012).

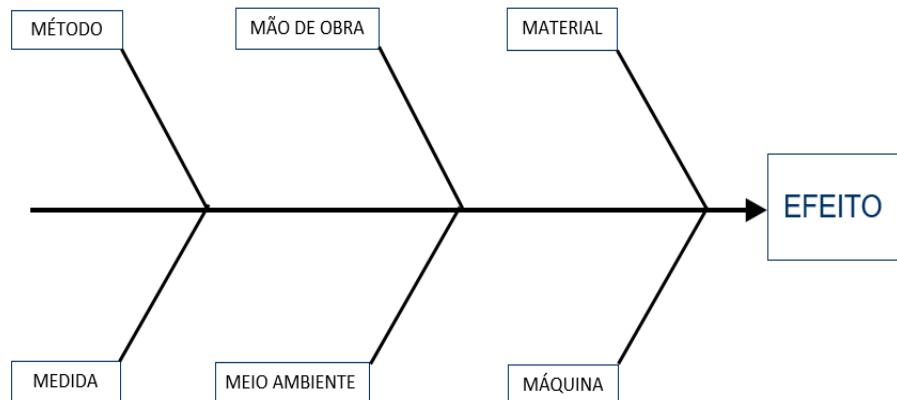
Um dos seus formatos mais utilizados é o diagrama de blocos, conhecido como fluxograma linear. Este é composto apenas por blocos sequenciais, sem envolver pontos de decisão, de forma a mapear a ordem das etapas de um determinado processo, sendo aplicado em fluxos com uma visão geral mais ampla (Grupo Forlogic, 2016).

### **2.5.3 Diagrama causa e efeito**

O Diagrama causa e efeito, ou Diagrama espinha de peixe, é uma ferramenta baseada no processo de identificação das possíveis causas de um problema (Corrêa; Corrêa, 2016). É utilizado para apresentar a relação entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado (Werkema, 2012).

A estrutura básica do Diagrama Causa e Efeito remete ao esqueleto de um peixe, onde as causas são classificadas sob seis categorias básicas, conhecidas como 6M (*Manpower, Method, Machine, Material, Milieu and Measurement*), conforme visualiza-se na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo do diagrama causa e efeito.



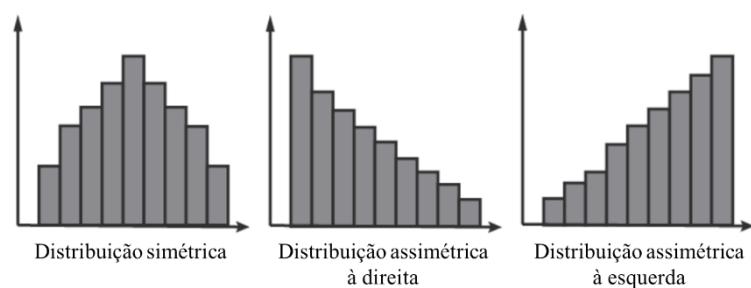
Fonte: A autora (2023).

Como pode ser observado na Figura 2, a ferramenta auxilia na organização das ideias e no entendimento das relações de causa e efeito entre os diferentes elementos envolvidos. Dessa forma, obtém-se uma visão mais clara do problema, ajudando a direcionar os esforços para a resolução efetiva (Carpinetti, 2016).

#### 2.5.4 Histograma

O histograma é um gráfico de barras que permite a visualização da distribuição de frequência dos dados. Nessa ferramenta, o eixo horizontal é subdividido em diversos intervalos pequenos, que apresentam os valores determinados de uma variável de interesse, enquanto o eixo vertical representa a frequência com que o valor de cada intervalo ocorre (Werkema, 2012). Os histogramas podem ser divididos em três categorias básicas, com base na forma de distribuição dos dados, conforme visualiza-se na Figura 3.

Figura 3 – Tipos de histogramas.



Fonte: Adaptado de Fonseca e Dutenkefer (2018).

Como pode-se ver Figura 3, a distribuição simétrica centraliza o maior número de dados em torno da média. Já a distribuição assimétrica apresenta o valor médio dos dados localizado à direita ou à esquerda do centro da faixa da variação, geralmente por se tratar de processos que dispõem de apenas um limite de especificação. Dessa forma, tal ferramenta permite visualizar a capacidade de um processo em atender uma determinada especificação (Trivellato, 2010).

## 2.6 FERRAMENTAS DE GESTÃO

De acordo com Carvalho e Paladini (2012), as ferramentas de gestão são mecanismos fundamentais no gerenciamento de projetos, uma vez que possibilitam análises objetivas para os processos. Dessa forma, essas ferramentas orientam a ação dos usuários para geração de ideias, estabelecimento de prioridades e investigação das causas, com a finalidade de solucionar problemas complexos, obtendo resultados imediatos.

Portanto, a utilização dessas técnicas possibilita uma abordagem prática e focada na melhoria contínua. Dentre as diversas ferramentas de gestão disponíveis, nessa pesquisa serão utilizados o *Brainstorming*, Matriz esforço e impacto, 5W2H e Procedimento operacional padrão, os quais são descritos a seguir.

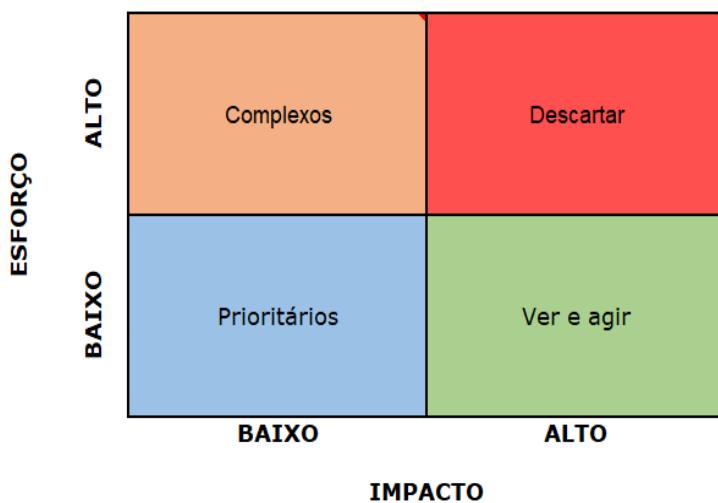
### 2.6.1 *Brainstorming*

O *brainstorming*, também conhecido como tempestade de ideias, é uma técnica de geração de ideias em um curto espaço de tempo, sendo desenvolvida para alcançar um objetivo inicial (Pereira, 2022). É comumente realizado em conjunto com todas as partes envolvidas nas diferentes etapas do processo, em que cada participante tem a oportunidade de dar sua contribuição sobre o problema a ser solucionado. Após a aplicação dessa técnica, todas as ideias são resumidas, agrupadas e registradas.

### 2.6.2 Matriz Esforço e Impacto

A Matriz esforço e impacto (MEI) tem como objetivo facilitar a determinação dos pontos que devem ser priorizados para uma melhoria rápida, levando em consideração o esforço necessário e o impacto gerado nos resultados da empresa. Para isso, as variáveis são distribuídas nos quadrantes da matriz, considerando os dois aspectos abordados por ela, de forma a identificar os pontos de maior relevância e que devem ser abordados primeiro (Carvalho; Paladini, 2012). Na Figura 4, é possível observar a estrutura básica dessa ferramenta.

Figura 4 – Exemplo da matriz esforço e impacto.



Fonte: A autora (2023).

Como pode ser visto na Figura 4, as variáveis alocadas no quadrante verde são aquelas que proporcionam os maiores impactos com os menores esforços, portanto, é recomendável priorizá-las. Aquelas situadas nos quadrantes azul e laranja são consideradas intermediárias, exigindo uma avaliação cuidadosa da compensação dos seus resultados. Por fim, os pontos localizados no quadrante vermelho devem ser reavaliados ou excluídos, pois geralmente exigem um alto esforço e envolvem processos longos e custosos (Carpinetti, 2016).

### 2.6.3 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta amplamente utilizada na gestão da qualidade e de projetos. Consiste na elaboração de um plano para a implementação das soluções de

um problema, sendo estruturado a partir da resposta das sete perguntas básicas em inglês: *What?* (O que?), *Who?* (Quem?), *Where?* (Onde?), *When?* (Quando?), *Why?* (Por quê?), *How?* (Como?), *How Much?* (Quanto custa?). Essa ferramenta garante uma estrutura eficaz e organizada de um planejamento de ações, de forma a facilitar o gerenciamento das tarefas das organizações (Nakagawa, 2014).

#### **2.6.4 Procedimento Operacional Padrão**

O Procedimento operacional padrão (POP) é utilizado para indicar os procedimentos para execução das tarefas de um processo, de modo que os resultados desejados possam ser alcançados e mantidos. A ferramenta incorpora mecanismos que garantem a realização de atividades “à prova de erro”, de modo a enfatizar a detecção e correção, antes que esses se transformem em defeitos transmitidos para o cliente. É fundamental que os padrões sejam claros e estejam disponíveis no local de trabalho, com a utilização de figuras e símbolos, além de incluir informações sobre os materiais, equipamentos, métodos e etapas específicas a serem seguidas, de forma a facilitar o seu entendimento (Werkema, 2012).

Com o conhecimento sobre os conceitos principais relacionados ao tema da pesquisa, a partir da interligação de diferentes perspectivas teóricas que orientam o estudo, parte-se para a próxima etapa, onde a teoria será aplicada para investigar e responder questões relacionadas a contextos reais.

### **3 METODOLOGIA**

Neste estudo, aplicou-se a metodologia DMAIC, em conjunto com ferramentas da qualidade e de gestão, para identificar as principais perdas em uma Indústria de Chocolates e propor melhorias de redução naquela de maior impacto.

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

A presente pesquisa foi classificada quanto à metodologia como um estudo de caso, pois tratou-se de uma investigação detalhada do contexto e dos processos envolvidos no fenômeno em questão (Moresi, 2013). Ademais, este estudo apresentou objetivo exploratório, uma vez que analisou uma situação real a partir de evidências dos dados atuais e da correlação de variáveis, a fins de propiciar melhorias ao processo (Marconi; Lakatos, 2003). Para tanto, foram aplicados princípios da melhoria contínua, por meio de métodos e ferramentas amplamente utilizados na área da qualidade.

Além disso, o estudo apresentou abordagens quantitativas e qualitativas, visto que utilizou tanto de dados numéricos e mensuráveis por meio da estatística, como de evidências práticas e tarefas em campo capazes de aproximar o pesquisador do meio, de forma a direcionar a análise do caso em específico (André; Ludke, 2012).

#### **3.2 MAPEAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS**

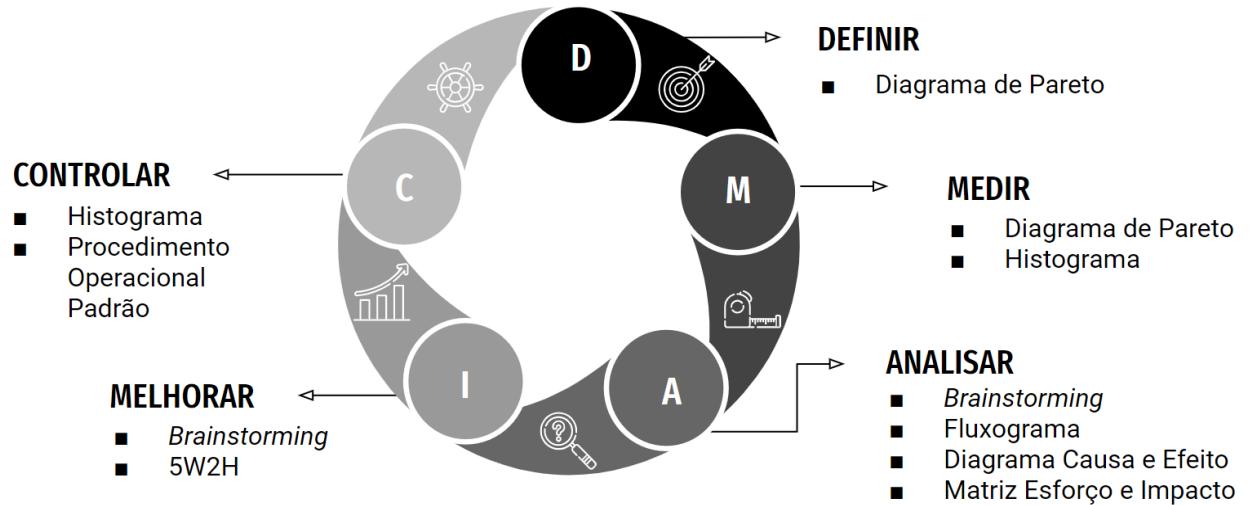
Inicialmente, foram mapeadas as principais perdas presentes na empresa em questão no *baseline* do segundo semestre do ano anterior (2022), através de um Diagrama de Pareto. Então, identificou-se a perda prioritária para desenvolvimento do estudo e levantou-se outras informações relevantes, como a estratificação desta perda por linha de produção.

#### **3.3 ETAPAS DA PESQUISA**

As etapas da pesquisa focalizaram-se na aplicação da metodologia DMAIC, a qual é dividida em cinco etapas sequenciais que permitem a análise de problemas e

a seguinte aplicação de melhorias para sua erradicação. Ademais, as etapas foram executadas atreladas ao uso de ferramentas da qualidade e de gestão, conforme visualiza-se na Figura 5.

Figura 5 – Etapas do DMAIC em conjunto com as ferramentas.



Fonte: A autora (2023).

A partir da Figura 5, observa-se que há uma correlação entre a adequação das ferramentas a cada uma das etapas da metodologia, de acordo com os seus objetivos. Para melhor compreensão dessa abordagem, a seguir detalha-se as atividades que foram realizadas em cada uma das etapas.

### 3.3.1 Definir

A etapa Definir iniciou-se com a determinação do equipamento de maior impacto na linha produtiva, a partir da visualização da perda prioritária por máquina em um gráfico comparativo. Em seguida, definiu-se a meta a ser alcançada e os processos-chave a serem observados, seguindo os critérios de meta SMART (*specific, measurable, achievable, relevant, time-bound*), definidos por George Doran (1981). Posteriormente, formou-se uma equipe de trabalho multifuncional, composta por cinco membros com diversos conhecimentos do processo analisado, sendo capazes de propor ações de melhorias e executá-las. Ademais, para obter uma

compreensão mais completa da perda, realizou-se investigações detalhadas no *genba*.

### **3.3.2 Medir**

Na etapa Medir, realizou-se o acompanhamento diário da coleta dos dados relacionados a perda definida, com o objetivo de verificar a acuracidade do sistema de medição. Os dados foram obtidos por meio do sistema *prdCloud*, plataforma *online* de controle e eficiência de produção utilizada pela empresa. Estes posteriormente foram avaliados utilizando um Diagrama de Pareto, obtido por meio do Excel. Ademais, realizou-se um estudo de capacidade inicial, a partir de um histograma, para fornecer uma visão quantitativa do desempenho do processo. Para isso, foram medidos o nível *sigma* e o PPM dos dados do *baseline*, com o suporte do software Minitab.

### **3.3.3 Analisar**

Na etapa Analisar, mapeou-se as causas potenciais para a ocorrência da perda e foram priorizadas aquelas de maior impacto. Para isso, foi realizado o mapeamento do processo produtivo em um Fluxograma, por meio do aplicativo *Lucidchart*, no intuito de fornecer uma visão macro da linha produtiva e identificar causas potenciais relacionadas à processo, através de um *brainstorming*. Em seguida, construiu-se um Diagrama causa e efeito, para levantar outras variáveis de acordo com os 6M. Posteriormente, foi desenvolvida a Matriz esforço e impacto, a fim de organizar e priorizar as causas que mais impactavam a perda, tornando a análise clara e eficiente.

### **3.3.4 Melhorar**

Após identificar as causas potenciais da perda, iniciou-se a etapa Melhorar, na qual foram geradas ideias de melhorias para corrigi-las, através de um *brainstorming*. Para tanto, elaborou-se planos de ação com o detalhamento das atividades utilizando a ferramenta 5W2H, levando em consideração fatores como custo, justificativa, prazos, responsáveis, entre outros. As ações foram gerenciadas pela equipe de

trabalho e priorizadas de acordo com a estratégia da empresa e classificação das causas na MEI.

### **3.3.5 Controlar**

Após a implementação das melhorias, foram analisados os resultados obtidos, a partir de gráficos comparativos entre os dados antes e após o projeto, além da realização do estudo de capacidade final, a partir de um histograma. Então, constatada a eficácia das ações, partiu-se para a etapa Controlar, onde foram padronizadas as melhorias através da ferramenta de Procedimento operacional padrão, de forma a garantir os resultados atingidos no projeto.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresenta-se o estudo de caso, que foi iniciado pelo mapeamento das perdas e definição daquela de maior impacto. Em seguida, foram analisadas as causas potenciais do problema e adotadas melhorias, visando alcançar o objetivo proposto.

### 4.1 MAPEAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS

A empresa em estudo é uma indústria do setor alimentício situada no Brasil, composta por quatro linhas produtivas destinadas à fabricação de chocolate. Os horários de trabalho são divididos em três turnos, além do horário administrativo, garantindo assim uma produção contínua de aproximadamente 145 toneladas de chocolates durante as 24 horas do dia. Para tanto, a empresa conta com diversos setores, com destaque para a área de produção, manutenção e qualidade, os quais possuem o maior número de funcionários, além das áreas de suporte, como logística, finanças, recursos humanos e etc.

Na primeira etapa deste estudo de caso, foi necessário identificar as principais perdas relacionadas às paradas não planejadas, as quais tratam-se de qualquer tempo de inatividade da linha que não tenha sido planejado durante as 24 horas anteriores, podendo ser classificadas conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação de paradas não planejadas.

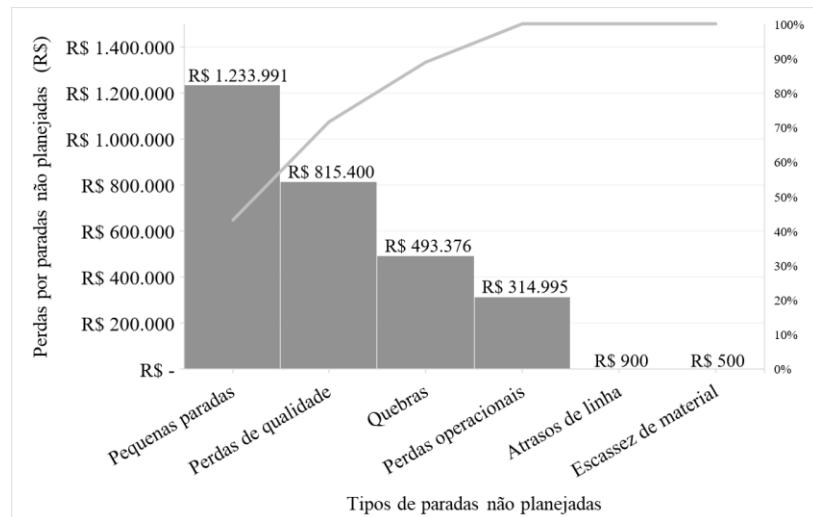
Tipos de paradas	Descrição
Pequenas paradas	Tempo de inatividade < 10 minutos por motivo desconhecido
Perdas operacionais	Tempo de inatividade $\geq$ 10 minutos por motivo desconhecido
Perdas de qualidade	Tempo de inatividade equivalente a fabricação de produtos que não atendem aos padrões de qualidade
Quebras	Tempo de inatividade para reparo e substituição de componentes
Escassez de material	Tempo de inatividade por motivo dos materiais necessários não estarem disponíveis no momento e local correto
Atrasos de linha	Tempo de inatividade da linha por motivo externo

Fonte: A autora (2023).

Então, aplicou-se a ferramenta do Diagrama de Pareto em relação às perdas por tipos de paradas não planejadas, com base nos dados do último semestre de

2022. A visualização é dada em termos financeiros, na unidade de reais, conforme apresenta-se no Gráfico 4.

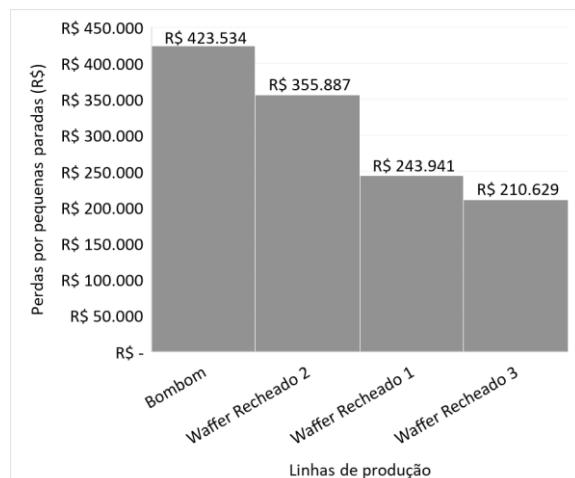
Gráfico 4 – Perdas por paradas não planejadas.



Fonte: A autora (2023).

Observou-se que 43% das perdas relacionadas às paradas não planejadas advém de pequenas paradas. Embora esse valor não ser equivalente aos 80% esperado pela literatura, este representa uma quantidade considerável em relação aos dados analisados. Então, para selecionar a linha de produção de maior impacto, estratificou-se a principal perda por linha de produção, conforme representado no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Perda por pequenas paradas em cada linha de produção.



Fonte: A autora (2023).

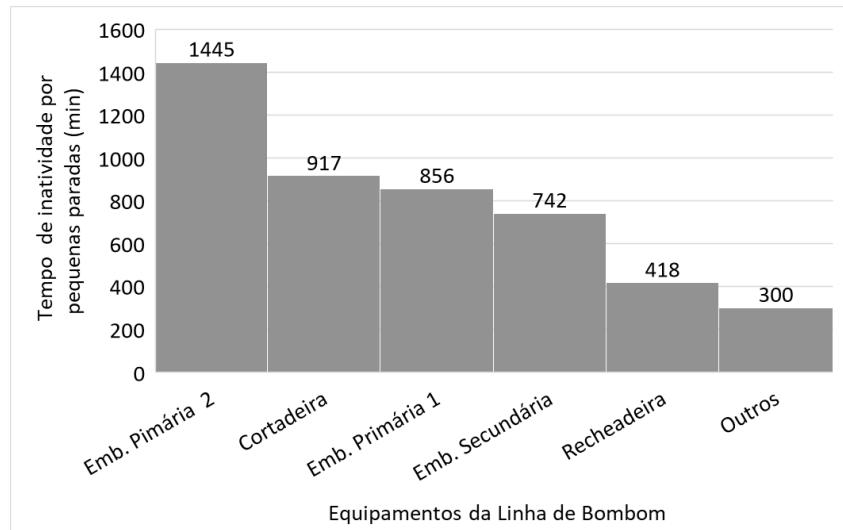
Ao analisar a perspectiva apresentada, tornou-se evidente que a linha de produção de bombom teve o maior impacto em termos de pequenas paradas durante o período especificado. Portanto, essa linha foi identificada como o local de desenvolvimento do projeto de melhoria. Vale ressaltar que a performance da referida linha de produção é bastante relevante na produtividade da empresa, visto que o bombom se trata do chocolate de maior consumo no mercado, conforme descrito no item 2.1.

## 4.2 ETAPAS DA PESQUISA

### 4.2.1 Definir

Com base no mapeamento acima, buscou-se estratificar os principais equipamentos da linha de Bombom em relação à perda por pequenas paradas, conforme visualiza-se no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Pequenas paradas na linha de bombom.



Fonte: A autora (2023).

Notou-se que o principal desafio se tratava das pequenas paradas na Embaladora Primária 2, a Empacotadora tubular automática 2 (HRM 2), que envolve o produto com uma embalagem em formato de tubo. Este tempo de inatividade da máquina causa interrupções no fluxo das últimas etapas do processo produtivo,

aumentando os custos com descarte de embalagem e retrabalho dos bombons. Diante disso, o desafio a ser solucionado foi definido, com base no alto índice de impacto na performance da linha e no prejuízo financeiro para o negócio.

Assim, seguindo os critérios de meta SMART (*specific, measurable, achievable, relevant, time-bound*), definiu-se a seguinte meta: reduzir 50% do tempo de pequenas paradas na HRM 2, num prazo de 6 meses. Essa meta foi considerada aplicável, pois definiu um valor de redução específico para um processo mensurável, alcançável e realista para uma equipe que dispõe de conhecimento sobre o tema, e com prazo final estabelecido.

Ademais, seguiu-se com a definição da equipe de trabalho, composta por cinco colaboradores de áreas diversas da empresa, mas que possuem relação direta com o processo, de forma a contribuir com a aplicação da metodologia DMAIC. A Figura 6 permite a visualização dos cargos dos membros da equipe.

Figura 6 – Equipe do projeto.



Fonte: A autora (2023).

A partir da Figura 6, observa-se que a equipe definida para o desenvolvimento do projeto foi multidisciplinar, uma vez que envolveu membros capazes de propor sugestões abrangentes e de diferentes perspectivas para resolver o problema, sendo a autora da pesquisa a supervisora de produção da linha.

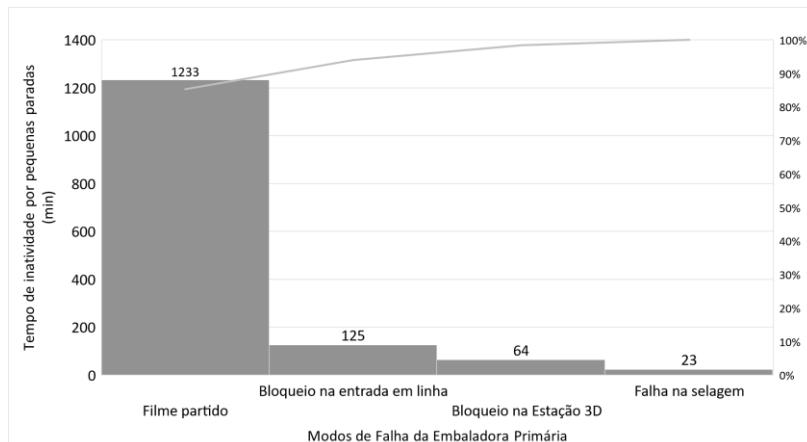
#### 4.2.2 Medir

A análise do sistema de medição deu-se a partir do acompanhamento diário da máquina no *genba*. Percebeu-se que os dados de tempo de inatividade por pequenas paradas são registrados automaticamente no painel de Interface homem máquina (IHM) da HRM 2, juntamente com os respectivos modos de falha causadores das paradas. Ademais, observou-se que ao final do turno, o operador da máquina lança as informações no sistema *prdCloud*, plataforma de gerenciamento dos dados da empresa.

Nesse sentido, a equipe do projeto acompanhou o apontamento dos dados pelos operadores no *prdCloud*, durante uma semana nos três turnos, para analisar se os dados do sistema eram realmente confiáveis. Observou-se, pois, que os apontadores não possuíam dificuldades para realizar o lançamento dos dados, pelo contrário, realizavam-o com facilidade, precisão e autonomia, o que confirmou a acuracidade dos dados.

Então, seguiu-se com o levantamento das informações do *baseline*. Para tanto, utilizou-se um Diagrama de Pareto para relacionar o tempo de inatividade por pequenas paradas com os principais modos de falhas da máquina, conforme segue abaixo.

Gráfico 7 – Modos de falha da HRM 2.

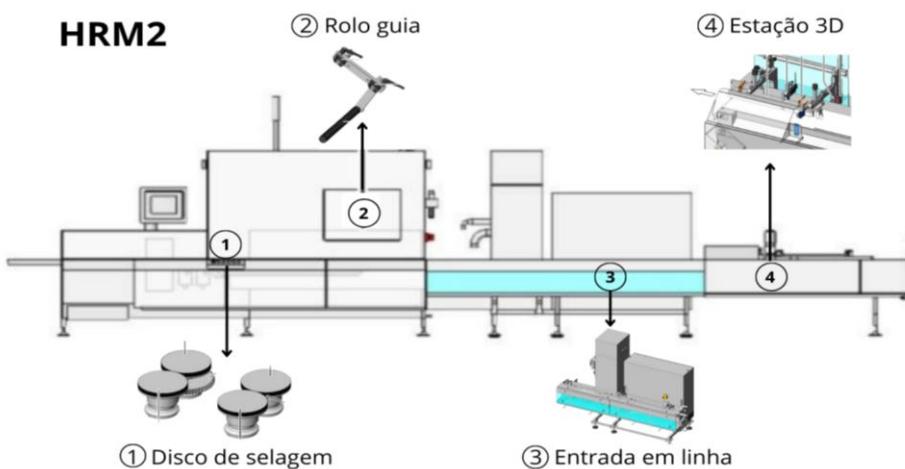


Fonte: A autora (2023).

A partir do Gráfico 7, é evidente que o principal modo de falha é Filme Partido, que pode ser descrito como a ruptura do material da embalagem acoplado à máquina, a partir de um rolo guia. Os dois próximos modos de falha, relacionados à bloqueio, tratam-se de enroscos do produto na estação 3D ou na entrada em linha. A estação 3D é uma área externa a máquina, composta por um conjunto de sensores do

dimensional do produto e uma estação de exclusão, enquanto a entrada em linha é uma região interna a máquina, formada por guias e correias para alinhar o produto antes do empacotamento. Por fim, o último modo de falha diz respeito a paradas por falha na selagem da embalagem, a qual ocorre nos discos seladores, sendo desprezadas por não serem recorrentes. As regiões citadas da máquina podem ser visualizadas na Figura 7.

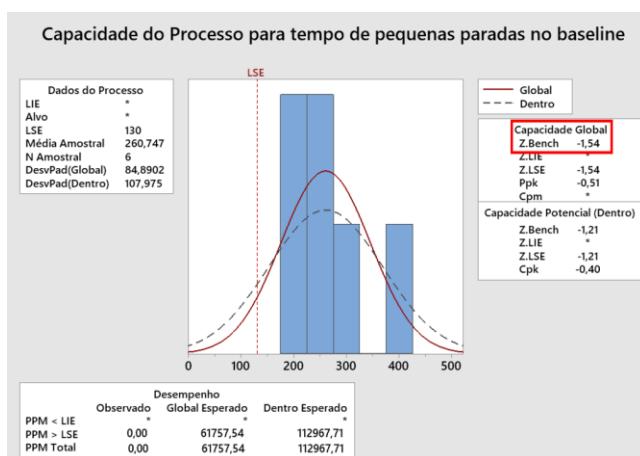
Figura 7 – Representação geral da máquina.



Fonte: Adaptado de Bosch (2018).

Partindo-se para uma análise estatística, estimou-se a capacidade do tempo de ocorrência de pequenas paradas nos meses do *baseline*, através do software Minitab, para se obter o nível *sigma* e o PPM dos dados. Os resultados obtidos podem ser visualizados no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Capacidade inicial.



Fonte: A autora (2023).

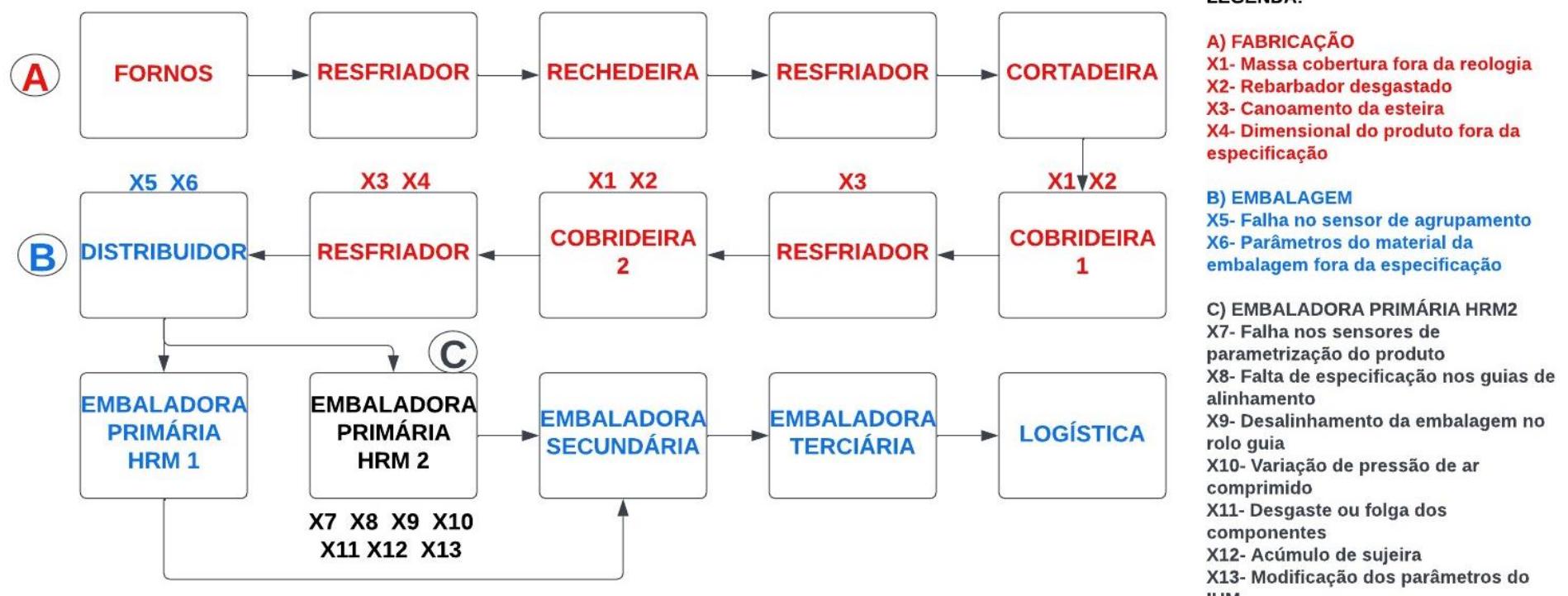
Analizando o Gráfico 8, é perceptível que a distribuição normal do tempo de pequenas paradas está consideravelmente afastada da meta de redução de 50%, equivalente a 130 minutos por mês. A partir do valor do *Zbench* apresentado pelo software Minitab, é possível calcular a medida da capacidade *sigma* do processo. A relação entre essas métricas envolve a adição de 1,5 ao valor do *Zbench*, o que resulta na determinação da capacidade *sigma* (Minitab, 2023).

Destaca-se que, para o estudo de caso em específico, o sinal negativo de tal parâmetro indica apenas que o limite superior de especificação, isto é, a meta do processo, encontra-se abaixo da média dos dados, o que já era esperado dado que se trata de um projeto cujo objetivo é reduzir uma medida. Dessa forma, o nível *sigma* do processo é determinado como 3,04 ( $1,54 + 1,5 = 3,04$ ), um valor significativamente baixo, resultando em um total de 61.757,54 falhas por milhão, conforme visualiza-se no Gráfico 8.

#### **4.2.3 Analisar**

De posse das informações necessárias para a compreensão da dimensão da perda, seguiu-se com o mapeamento das causas potenciais desta ocorrência. Para tanto, utilizando o aplicativo *Lucidchart*, construiu-se um fluxograma do tipo diagrama de blocos, para fornecer uma visão macro da linha de bombom. Além disso, realizou-se um *brainstorming*, a fim de identificar as causas potenciais relacionadas ao processo. Vale ressaltar que o símbolo X foi utilizado neste estudo para representar os diversos fatores que se relacionam e podem impactar nas pequenas paradas da HRM. O fluxograma com as ideias registradas pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma do processo produtivo.

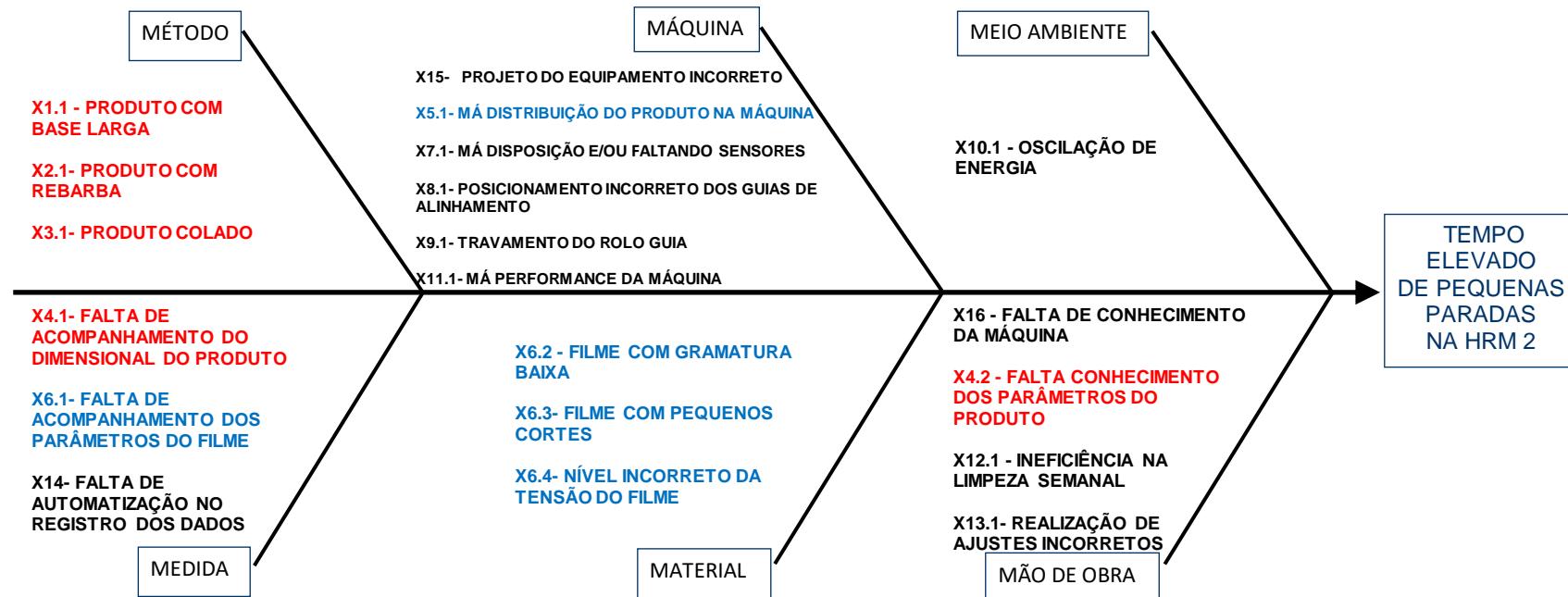


Fonte: A autora (2023).

Na Figura 8, observa-se que a ferramenta resultou no total de treze causas potenciais relacionadas ao processo produtivo, as quais foram agrupadas de acordo com seu local de origem na linha de produção: fabricação, embalagem e embaladora primária, de forma a organizar as ideias da equipe. Com base nessas variáveis, desenvolveu-se um Diagrama Causa e Efeito para

detalhamento e investigação de mais causas potenciais relacionadas ao problema, de acordo com os 6M. O diagrama resultante pode ser visualizado na Figura 9.

Figura 9 – Diagrama causa e efeito.



Fonte: A autora (2023).

A partir da Figura 9, mapeou-se- mais três causas potenciais (X14, X15 e X16), e obteve-se maior detalhamento das treze variáveis já contempladas no diagrama de blocos. A seguir, é possível observar as causas potenciais de forma ordenada, estratificadas de acordo com o local de origem, juntamente com as razões pelas quais estas contribuem para a ocorrência de paradas na HRM 2.

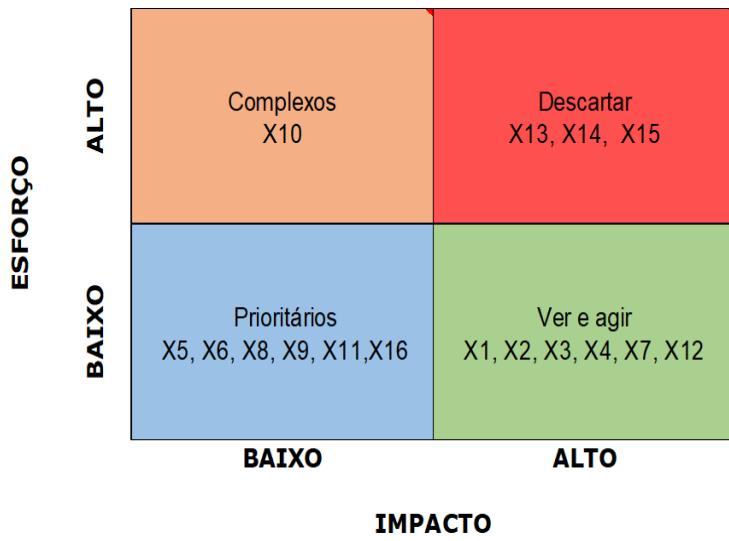
Quadro 4 – Descrição das causas potenciais.

X	Área	Causa	Justificativa de parada da HRM
1	Fabricação	Massa cobertura fora de reologia	Produto com base larga
2		Rebarbador desgastado	Produto com rebarba
3		Canoamento da esteira	Produto colado
4		Dimensional do produto fora da especificação	Produto com largura e altura inadequadas
5	Embalagem	Falha no sensor de agrupamento	Má distribuição do produto na máquina
6		Material da embalagem fora da especificação	Filme com cortes, gramatura baixa ou nível de tensão incorreta
7	Embaladora Primária	Falha nos sensores de parametrização do produto	Chegada de produtos com dimensional inadequado na embaladora
8		Falta de especificação nos guias de alinhamento	Posicionamento incorreto dos guias de alinhamento
9		Desalinhamento da embalagem no rolo guia	Travamento do rolo guia
10		Variação de pressão de ar comprimido	Oscilação de energia
11		Desgaste ou folga dos componentes	Má performance da máquina
12		Acúmulo de sujeira	Má performance da máquina
13		Modificação dos parâmetros do IHM	Realização de ajustes incorretos
14		Falta de automatização no registro dos dados	Realização de registros inadequados das paradas
15		Projeto do equipamento incorreto	Má performance da máquina
16		Falta de conhecimento da máquina	Realização de ajustes incorretos

Fonte: A autora (2023).

A partir do Quadro 4, foi possível visualizar as causas do problema de forma resumida e agrupada, facilitando a compreensão. Em seguida, realizou-se o processo de priorização das causas que mais impactam na perda. Para tanto, foi desenvolvida uma Matriz esforço e impacto, ferramenta que categoriza as variáveis com base na comparação entre o esforço necessário para sua correção e o impacto gerado nos resultados. A classificação final pode ser visualizada na Figura 10.

Figura 10 – Matriz esforço e impacto.



Fonte: A autora (2023).

Com base na Figura 10, as causas de alto esforço e impacto foram descartadas, visto que envolvem ações corretivas que exigem elevados custos, como por exemplo a alteração de todo projeto da máquina ou criação de um sistema de automatização dos dados. As demais causas foram utilizadas para construção do plano de ação, seguindo a classificação que receberam em relação ao nível de esforço atrelado ao impacto esperado.

#### 4.2.4 Melhorar

Na construção do plano de ação, foi realizado um novo *brainstorming*, com o objetivo de determinar as soluções viáveis para a erradicação das causas potenciais levantadas. A ferramenta utilizada nesta etapa foi o 5W2H, para garantir um bom detalhamento e gerenciamento das ações. Então, construiu-se um plano de ação para cada quadrante da MEI, de forma a categorizar a prioridade de execução.

As primeiras ações realizadas foram referentes às causas de alto impacto e baixo esforço, devido à natureza de “ver e agir”. Observou-se que a maioria das causas desse quadrante eram relacionadas a temas da área de fabricação, uma vez que a entrada de produtos com defeitos na máquina interfere diretamente na sua

performance. No Quadro 5, é possível observar o 5W2H do cada quadrante ver e agir da Matriz esforço e impacto.

Quadro 5 – 5W2H das causas ver e agir.

X	O que?	Por quê?	Quem?	Quando?	Quanto?	Como?	Onde?
1	Criar fluxo de análise e correção das cartas de controle	Massa cobertura fora de reologia	Oper. e Espéc.	23/01	NA	Análise da granulometria, escoamento e viscosidade	Cobridera
2	Instalar um novo rebarbador	Produto com rebarba	Téc. Mec.	26/01	R\$ 4.500	Atuação na máquina	Cobridera
3	Instalar esteira com largura maior	Produto colado por canoamento da esteira	Téc. Mec.	26/01	R\$ 24.554	Atuação na máquina	Resfriador
4	Criar fluxo de análise e correção do dimensional do produto	Produto com dimensional inadequado	Oper.	24/01	NA	Análise da altura e largura	Resfriador
7	Instalar sensores de visão	Falha nos sensores de parametrização do produto	Téc. de Autom.	06/03	R\$ 40.000	Atuação na máquina	Estação 3D
12	Instalar raspadores e criar estratégia de limpeza da máquina	Acúmulo de sujeira	Téc. Mec. e Oper.	26/01	R\$ 8.500	Atuação na máquina	HRM 2

Fonte: A autora (2023)

A partir do Quadro 5, foi possível observar que as ações desse quadrante foram definidas com base na ideia de restringir a passagem de produtos conformes na entrada em linha da HRM, a fim de reduzir a quantidade de paradas por filme partido. Para tal propósito, foi necessário garantir a expulsão dos produtos defeituosos logo na estação 3D e realizar modificações no processo produtivo, de forma a reduzir a quantidade de produtos não conformes gerados na linha.

Partindo-se para o quadrante das causas prioritárias da MEI, percebeu-se que no geral estas se relacionavam a duas grandes frentes: a própria máquina HRM e ao material da embalagem, os quais são diretamente associados ao processo de empacotamento do produto. Então, mapeou-se as ações chaves para aprimorar essas questões e garantir a qualidade do produto final, conforme descrito no Quadro 6.

Quadro 6 – 5W2H das causas prioritárias.

X	O que?	Por quê?	Quem?	Quando?	Quanto?	Como?	Onde?
5	Verificar açãoamento e posicionamento dos sensores	Falha no sensor de agrupamento	Téc. de Autom.	02/02	NA	Atuação na máquina	Distribuidor
6	Criar um fluxo de entrada da embalagem na linha	Material da embalagem fora da especificação	Téc. de Qualid.	06/02	NA	Análise da gramatura, tensão e textura de uma amostra do lote	Lab. de qualidade
8	Definir especificação dos guias com caneta industrial	Falta de especificação nos guias de alinhamento	Oper.	02/02	NA	Atuação na máquina	Entrada em linha
9	Inserir rosas para alinhar a embalagem no rolo	Desalinhamento da embalagem no rolo guia	Téc. Mec.	09/02	NA	Atuação na máquina	Rolo guia
11	Realizar inspeção dos itens na manutenção preventiva	Desgaste ou folga dos componentes	Planej. de Manut.	09/02	NA	Atuação na máquina	HRM 2
16	Treinamento para o time operacional	Falta de conhecimento da máquina	Téc. Mec.	15/02	NA	Treinamento	Centro de treinam.

Fonte: A autora (2023)

Com base no Quadro 6, observou-se que é possível realizar modificações na engenharia da máquina a fim de atender a necessidade do processo, mesmo que estas não tenham sido contempladas no projeto inicial do equipamento. Além disso, notou-se a importância de se estabelecer um acompanhamento de qualidade nos materiais fornecidos por empresas terceiras, como é o caso do material de embalagem utilizado nesta fábrica.

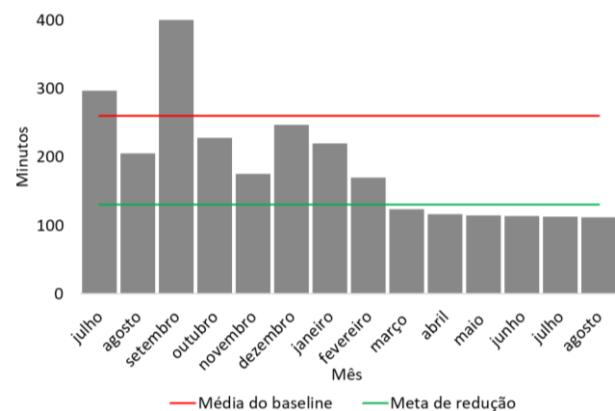
Por fim, no quadrante das causas complexas, apenas registrou-se a questão de variação na pressão de ar comprimido da máquina. Esse problema deve-se na verdade a um tempo de inatividade categorizado como atraso de linha, uma vez que é causado por um motivo externo referente à oscilação de energia, sendo necessário o envolvimento da área de utilidades da indústria. Como solução, sugeriu-se a instalação de um *booster*, aparelho projetado para trabalhar em conjunto com o compressor de ar convencional, a fim de elevar a pressão de ar para níveis médios e

elevados. No entanto, devido à necessidade de alto investimento para adquirir o dispositivo, o processo de compra ainda está em curso e não foi finalizado.

#### 4.2.5 Controlar

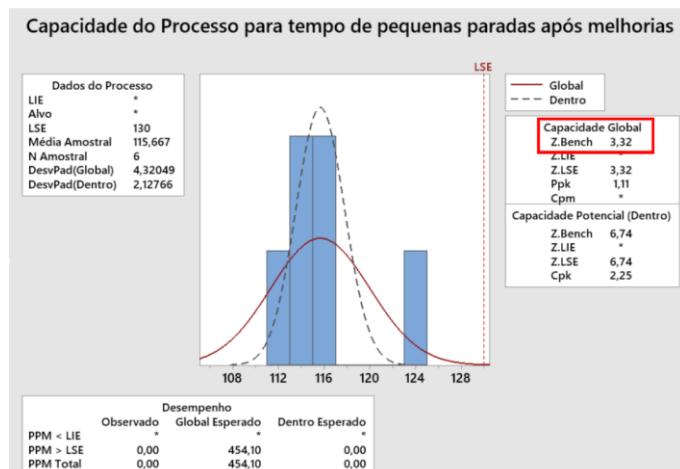
A etapa final da metodologia DMAIC teve seu início com a conclusão das ações mapeadas na fase de melhoria, as quais em sua maioria foram finalizadas até o final do mês de fevereiro. Consequentemente, viabilizou-se uma avaliação da eficácia dos resultados obtidos em relação à meta estabelecida inicialmente. O Gráfico 9 apresenta um histórico dos valores do tempo de pequenas paradas na HRM 2 nos últimos meses, enquanto o Gráfico 10 destaca a capacidade final do processo, com base nos dados do período após a implementação das ações, isto é, a partir de março.

Gráfico 9 – Tempo de pequenas paradas na HRM 2.



Fonte: A autora (2023).

Gráfico 10 – Capacidade final.



Fonte: A autora (2023).

A partir do Gráfico 9, nota-se que o tempo médio de pequenas paradas antes da aplicação do método DMAIC era de 260 min/mês, com meta de redução de 50% deste número. Considerando o período após a implementação das ações, pode-se confirmar que a meta foi atingida, visto que se obteve um tempo de pequenas paradas inferior a 130 min/mês. Ademais, no Gráfico 10, fica evidente a melhora no nível *sigma* do processo, de 3,04  $\sigma$  para 4,82  $\sigma$ , resultando em um total de 454 falhas por milhão, conforme visualiza-se no estudo de capacidade final. Tais resultados confirmam a efetividade das ações propostas para a resolução do problema.

Assim, seguiu-se com a aplicação de mais uma ferramenta de gestão, o Procedimento operacional padrão, a fim de assegurar os resultados alcançados e garantir a contínua execução das melhorias, sobretudo daquelas que dizem respeito a atividades diárias, como o acompanhamento das cartas de controle, do dimensional do produto, e dos parâmetros do material da embalagem. O POP para controle de pequenas paradas na HRM 2 pode ser visualizado no Quadro 7.

Quadro 7 – Procedimento operacional padrão da HRM 2.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO		Linha	Bombom
		Data da atualização	27/03/2023
Processo	Empacotamento primário do bombom	Responsável	Especialista
DOCUMENTOS NECESSÁRIOS			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartas de controle das massas;</li> <li>• Folha de parâmetros do dimensional do produto;</li> <li>• Fluxo de entrada do material de embalagem;</li> </ul>			
PROCEDIMENTOS CRÍTICOS			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar a limpeza semanal da máquina;</li> <li>2. Inspecionar os componentes de manutenção da máquina;</li> <li>3. Verificar a oposição dos guias de acordo com o <i>centerling</i>;</li> <li>4. Inspecionar o funcionamento dos sensores da máquina;</li> <li>5. Seguir fluxo de entrada do material de embalagem;</li> <li>6. Verificar a reologia das massas nas cartas de controle;</li> <li>7. Acompanhar o dimensional do produto a cada 1 hora.</li> </ol>			
RESULTADOS ESPERADOS			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa performance da máquina (entrega de volume do produto);</li> <li>• Baixa quantidade de pequenas paradas (máximo de 130 min/mês);</li> <li>• Redução de perdas por descarte de embalagem e retrabalho do produto.</li> </ul>			
AÇÕES CORRETIVAS			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar ajustes na massa para que a reologia atenda a especificação;</li> <li>2. Realizar ajustes no processo para que o dimensional do produto atenda a especificação;</li> <li>3. Retirar da máquina qualquer material de embalagem fora da especificação;</li> </ol>			
APROVAÇÕES			
Executor	Supervisor	Especialista	

Fonte: A autora (2023).

A criação do POP e sua disposição física na fábrica permitiu uma visualização mais clara das atividades a serem executadas, uma vez que este incluiu uma sequência detalhada dos procedimentos a serem executados em cada etapa da produção e o meio de correção, caso seja necessário. Dessa forma, a ferramenta contribuiu diretamente na simplificação do processo da linha de bombom, possibilitando uma identificação mais precisa das atividades necessárias para seu aprimoramento.

Ademais, esse conjunto de informações facilitou a análise dos problemas diários da linha, otimizando o processo de tomada de decisão. Assim, constatou-se que os resultados alcançados pela abordagem da metodologia DMAIC foram eficazes e contínuos, sendo estabelecidos como padrão para aplicação em outras máquinas, como por exemplo a HRM 1, e em outras linhas de produção da indústria.

## 5 CONCLUSÃO

Diante do exposto, é possível concluir que o setor de chocolates apresenta grande demanda e competitividade no mercado brasileiro, necessitando a aplicação de um sistema de gestão da qualidade para o aprimoramento dos seus processos. Dessa forma, notou-se que a aplicação do ciclo DMAIC, associado a ferramentas da qualidade e de gestão adequadas às etapas da metodologia, apresentou-se como uma estratégia eficiente na resolução de problemas complexos no ambiente industrial.

De posse dos resultados obtidos, conclui-se que os objetivos deste trabalho foram alcançados, uma vez que a implementação do método DMAIC resultou na redução de 55% no tempo de inatividade relacionado a pequenas paradas da HRM 2, o que se traduziu em uma produtividade de R\$ 219.204,00 ao ano para a empresa. Isto foi possível a partir do aumento na disponibilidade da máquina e da melhora na performance da referida linha de produção. É importante notar que as ações chaves consistiram em melhorias na área da fabricação, reforçando o fato de que o processo produtivo precisa ser eficiente para que o produto final seja empacotado com qualidade na máquina embaladora.

Vale ressaltar que cada etapa da metodologia contribuiu diretamente nesses resultados, pois proporcionaram uma sequência ordenada eficiente para a determinação das causas potenciais do problema e das ações principais para a sua resolução. No geral, dentre as principais entregas, a etapa Definir permitiu a seleção de uma meta atingível; a etapa Medir possibilitou a confiabilidade na base dos dados; a etapa Analisar proporcionou a obtenção das causas potenciais do problema; a etapa Melhorar possibilitou a implementação de melhorias eficazes; e a etapa Controlar sustentou os resultados obtidos ao longo desse trabalho.

A praticidade da metodologia adotada possibilitou o desenvolvimento dos colaboradores da equipe, a partir do compartilhamento de conhecimentos em diversas áreas e da tomada de decisão em conjunto durante as etapas do processo. No contexto de melhoria contínua, outra vantagem notável do trabalho foi a capacidade de replicação das melhorias na embaladora primária 1, uma vez que se trata de um equipamento com o mesmo princípio de funcionamento. Com tudo isso, espera-se que as melhorias alcançadas perdurem além da conclusão do projeto, a partir do monitoramento contínuo do trabalho por parte da equipe.

## REFERÊNCIAS

- ABICAB, 2023. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATE, AMENDOIM E BALAS. **Chocolates: Produção, Exportação e Importação em volume.** Disponível em: <<https://proamendoim.com.br/abicab/storage/app/public/editor/165599190662b46e626dfdd.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2023.
- ANDRÉ, Marli E. D. A; LUDKE, Hermengardu Alves. **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas.** São Paulo: E.P.U, 2012.
- AGRONEGÓCIO DO CACAU NO BRASIL.** São Paulo: FIESP, 28 ago. 2021.
- BOSCH, 2018. **Embaladora Bosch Sigpack HRM EB-XX.** Disponível em: <<https://doceru.com/doc/nssv1vc1>>. Acesso em: 10 ago. 2023.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas.** São Paulo: Atlas, 2016.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, P. P. **Gestão da Qualidade: teoria e casos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPROM, 2012.
- CONAB, 2021. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da safra de cana-de-açúcar.** Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 13 jul. 2023.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma abordagem estratégica.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- DIAS, Sérgio Matos. **Implementação da metodologia Lean Seis Sigma: O caso do Serviço de Oftalmologia dos hospitais da Universidade de Coimbra.** 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.
- DIOGO, F. M. J. **Desenvolvimento de um Bombom de Chocolate com recheio de queijo fundido e compota de fruta.** Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana Castelo, Viana do Castelo, Portugal, 2015.
- DORAN, G. T. **There's S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives.** Management Review (AMA Forum), 70, 35-36, 1981.
- FONSECA, F. P.; DUTENKEFER, E. **Aspectos metodológicos na elaboração de mapas temáticos do Rio Grande do Norte.** O meio geográfico atual do Rio Grande do Norte: novas materialidades, novas dinâmicas. 1ed. Natal: Sebo Vermelho, 2018.
- GRUPO FORLOGIC, 2016. **Ferramentas da Qualidade – Fluxograma.** Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/fluxograma/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

IBGE, 2021. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PPM 2020: rebanho bovino cresce 1,5% e chega a 218,2 milhões de cabeças.** Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31722-ppm-2020-rebanho-bovino-cresce-1-5-e-chega-a-218-2-milhoes-de-cabecas#:~:text=Em%202020%2C%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20nacional,6%25%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202019>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

ICCO, 2021. ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CACAU E CAFÉ. **Estatísticas do Cacau em 2020.** Disponível em: <<https://www.icco.org/statistics/>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

LOBO, R. N. **Gestão da Qualidade.** 1. ed. São Paulo: Érica, 2010.

MACHADO, Simone Silva. **Gestão da Qualidade.** Inhumas: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

MANI, Grazielle Moro; PÁDUA, Fabiana S. Miranda de. **Lean Seis Sigma.** Interface Tecnológica, vol. 5. São Paulo, 2008.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** 5 a ed. SÃO PAULO: ATLAS, 2003.

MINITAB, 2023. **Z bench como uma estimativa de capacidade sigma.** Introdução ao Minitab. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/capability-metrics/z-bench-as-an-estimate-of-sigma-capability/>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

MORESI, E. **Metodologia Da Pesquisa.** Universidade Católica De Brasília – Ucb. BRASÍLIA, 2013.

NAKAGAWA, Marcelo. **Ferramenta 5W2H – Plano de Ação para Empreendedores.** Globo, 2014.

PEREIRA, N. T. S. **Redução do índice de retrabalho por meio da aplicação do método DMAIC: um estudo de caso em uma lavanderia industrial.** Dissertação de Mestrado profissional em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira, Itabira, 2022.

RICHTER, M. **Desenvolvimento de formulações de recheio para bombons para fins especiais com características funcionais.** Universidade de São Paulo, 2005.

SANTOS, A. I. **Determinação do teor de sólidos de cacau para identificação de adulterações em chocolates.** 2020. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2020.

SOARES, F.L., 2021. **Controle da Qualidade Total.** Disponível em:<[https://www.cin.ufpe.br/~processos/TAES3/Livro/00-LIVRO/06-TQC\\_v8\\_CORRIGIDO\\_Willame.pdf](https://www.cin.ufpe.br/~processos/TAES3/Livro/00-LIVRO/06-TQC_v8_CORRIGIDO_Willame.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K. Kern. **Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS.** JAMME- Journal of achievements in materials and manufacturing Engineering. v. 43, ISSUE. 1. nov. 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/49600834\\_Quality\\_improvement\\_methodologies\\_-\\_PDCA\\_cycle\\_RADAR\\_matrix\\_DMAIC\\_and\\_DFSS](https://www.researchgate.net/publication/49600834_Quality_improvement_methodologies_-_PDCA_cycle_RADAR_matrix_DMAIC_and_DFSS)>. Acesso em: 10 jun. 2023.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de autopeças.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade de São Paulo, 2010.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma.** 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.