



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ISABELLY BEATRIZ EMÍDIA DE MOURA

**REDUÇÃO DE SOBREPESO EM BISCOITOS MOLDADOS:  
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA OTIMIZAÇÃO DE  
PROCESSOS PRODUTIVOS**

Recife

2025

ISABELLY BEATRIZ EMÍDIA DE MOURA

**REDUÇÃO DE SOBREPESO EM BISCOITO MOLDADOS:  
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA OTIMIZAÇÃO DE  
PROCESSOS PRODUTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia de  
Alimentos da Universidade Federal de  
Pernambuco como requisito à obtenção de  
título de Bacharel em Engenharia de  
Alimentos.

Orientadora: Jenyffer Medeiros Campos Guerra

Recife  
2025

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

Moura, Isabelly Beatriz Emília de .

Redução de sobrepeso em biscoitos moldados: aplicação da metodologia DMAIC para otimização de processos produtivos / Isabelly Beatriz Emília de Moura. - Recife, 2025.

52 : il., tab.

Orientador(a): Jennyfer Medeiros Campos Guerra

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Alimentos - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Melhoria Contínua . 2. Controle de peso . 3. Qualidade industrial . I. Guerra, Jennyfer Medeiros Campos . (Orientação). II. Título.

670 CDD (22.ed.)

ISABELLY BEATRIZ EMÍDIA DE MOURA

**REDUÇÃO DE SOBREPESO EM BISCOITO MOLDADOS:  
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA OTIMIZAÇÃO DE  
PROCESSOS PRODUTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia de  
Alimentos da Universidade Federal de  
Pernambuco como requisito à obtenção de  
título de Bacharel em Engenharia de  
Alimentos.

Aprovado em: 14/04/2025

---

Profa. Dra. Jenyffer Medeiros Campos Guerra (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Andreлина Maria Pinheiro Santos (Examinadora Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Mayara Ferreira Barbosa (Examinadora Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus por me guiar, proteger e abençoar durante toda a jornada. Sem sua presença e graça, nada disso seria possível.

Gostaria de expressar minha gratidão à minha orientadora, Jenyffer Medeiros Campos Guerra, que, com seus conhecimentos, ofereceu valiosas contribuições para o meu desenvolvimento durante toda a minha graduação.

Agradeço também à empresa onde trabalho, pela oportunidade de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula e integrá-los com ensinamentos práticos da equipe, o que tornou possível a execução do projeto.

Também não poderia deixar de agradecer à minha família, em especial minha mãe Eliana Moura e meus padrinhos Gênesis Gomes e Teresa Chaves. O suporte incondicional me deu forças para me dedicar plenamente a essa experiência, permitindo que eu alcançasse meus objetivos com confiança e determinação.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta etapa marcante da minha trajetória, deixo meu mais profundo e sincero agradecimento.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

Albert Einstein

## RESUMO

A indústria do segmento de biscoitos enfrenta diversos desafios relacionados à busca de eficiência e redução de perdas, uma delas sendo o sobrepeso dos produtos. O sobrepeso nos produtos da categoria de moldados resulta no desperdício de insumos, aumento dos custos de produção e prejuízo com a rentabilidade das empresas. Este trabalho teve o intuito de aplicar a metodologia Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar (DMAIC) para reduzir o sobrepeso na produção de biscoitos moldados visando a otimização dos processos. A metodologia foi aplicada em uma indústria produtora de biscoitos, onde foram analisadas as possíveis causas raízes e com isso a implementação de medidas preventivas e corretivas para minimizar o impacto do sobrepeso. Na busca pela identificação das principais causas do desvio de peso, foram utilizadas ferramentas da qualidade como o Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, fluxograma, histogramas e Controle Estatístico de Processo (CEP). Adicionalmente, a metodologia 5W2H, como ferramenta auxiliar de gestão, também foi empregada. O uso dessas ferramentas, em conjunto com a implementação de cartas/gráficos de controle ao longo das fases do DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), resultou em uma melhoria de aproximadamente 89,15%, com a redução do desvio de 8,48% para 0,92%. A fase de medição permitiu quantificar a magnitude do problema, enquanto a análise estatística apontou fatores críticos relacionados a variações no fornecimento de massa e ajustes inadequados no equipamento de moldagem. As ações de melhoria incluíram padronização dos parâmetros operacionais, capacitação da equipe e monitoramento contínuo dos dados de produção. Como resultado, foi observada uma redução significativa no índice de sobrepeso, aumentando a eficiência da linha e promovendo maior controle sobre o processo.

**Palavras-chave:** Melhoria Contínua; Controle de peso; qualidade industrial.

## **ABSTRACT**

The biscuit industry faces several challenges related to the pursuit of efficiency and loss reduction, one of which is product overweight. Overweight products in the molded category result in the waste of inputs, increased production costs, and damage to company profitability. This work aimed to apply the Define, Measure, Analyze, Improve, and Control (DMAIC) methodology to reduce overweight in the production of molded biscuits, aiming to optimize processes. The methodology was applied in a biscuit manufacturing industry, where possible root causes were analyzed, leading to the implementation of preventive and corrective measures to minimize the impact of overweight. In the search for identifying the main causes of weight deviation, quality tools such as the Pareto Chart, Ishikawa Diagram, flowchart, histograms, and Statistical Process Control (SPC) were used. Additionally, the 5W2H methodology, as an auxiliary management tool, was also employed. The use of these tools, in conjunction with the implementation of control charts/graphs throughout the phases of DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), resulted in an improvement of approximately 89.15%, with the reduction of deviation from 8.48% to 0.92%. The measurement phase allowed quantifying the magnitude of the problem, while statistical analysis pointed out critical factors related to variations in the supply of dough and inadequate adjustments in the molding equipment. Improvement actions included standardization of operational parameters, team training, and continuous monitoring of production data. As a result, a significant reduction in the overweight index was observed, increasing line efficiency and promoting greater control over the process.

**Keywords:** Continuous Improvement; Weight Control; Industrial Quality.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> - Fluxograma de produção de biscoitos moldados                        | 17 |
| <b>Figura 2</b> - Misturador de massa                                                 | 18 |
| <b>Figura 3</b> - Moldes rotativos                                                    | 19 |
| <b>Figura 4</b> - Forno industrial                                                    | 20 |
| <b>Figura 5</b> - Esteira de Resfriamento                                             | 21 |
| <b>Figura 6</b> - Os 8 desperdícios do Lean Manufacturing                             | 23 |
| <b>Figura 7</b> - Distribuição normal - Six Sigma                                     | 24 |
| <b>Figura 8</b> - Exemplo de diagrama de Pareto                                       | 28 |
| <b>Figura 9</b> - Diagrama de Ishikawa com uso do método 6M                           | 29 |
| <b>Figura 10</b> - Exemplo de histograma                                              | 30 |
| <b>Figura 11</b> - Exemplo de fluxograma                                              | 30 |
| <b>Figura 12</b> - Exemplo de gráficos de controle da média (X-barra)                 | 31 |
| <b>Figura 13</b> - Histograma de pesos durante produção assistida                     | 37 |
| <b>Figura 14</b> - Histograma de Peso Assado                                          | 37 |
| <b>Figura 15</b> - Mapa SIPOC                                                         | 38 |
| <b>Figura 16</b> - Peso biscoito cru antes do projeto                                 | 39 |
| <b>Figura 17</b> - Peso biscoito assado antes do projeto                              | 40 |
| <b>Figura 18</b> - Umidade do biscoito                                                | 40 |
| <b>Figura 19</b> - Variação de Dosagem                                                | 41 |
| <b>Figura 20</b> - Diagrama de Ishikawa focado no sobrepeso de biscoitos moldados     | 41 |
| <b>Figura 21</b> - Análise de 5 porquês do motivos levantados no diagrama de Ishikawa | 42 |
| <b>Figura 22</b> - Modelo de moldadora rotativa                                       | 43 |
| <b>Figura 23</b> - Peso cru biscoito unitário depois do projeto                       | 45 |
| <b>Figura 24</b> - Peso assado do biscoito unitário depois do projeto                 | 45 |
| <b>Figura 25</b> - Histograma de peso nominal depois da implementação do projeto      | 46 |
| <b>Figura 26</b> - Processo de correção do peso do biscoito assado                    | 47 |
| <b>Figura 27</b> - Exemplo de gráfico de controle usado na produção                   | 48 |
| <b>Figura 28</b> - Acompanhamento do sobrepeso durante 8 semanas                      | 49 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> - Significado dos valores de Cpk                                          | 34 |
| <b>Tabela 2</b> - Limites de especificação do peso cru, peso assado e umidade do biscoito | 40 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA      Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ABIMAPI      Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados

DMAIC      *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)

CEO      *Chief Executive Officer* ( Diretor Executivo ou Presidente da empresa)

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\sigma$  sigma

$\mu$  média

$\bar{x}$  média

## SUMÁRIO

|                                                      |                                   |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1.                                                   | 142.                              |
|                                                      | 162.1 Classificação dos biscoitos |
|                                                      | 16                                |
| 2.2 Produção dos biscoitos moldados                  | 17                                |
| 2.2.1 Mistura dos ingredientes e preparação da massa | 17                                |
| 2.2.2 Moldagem                                       | 19                                |
| 2.2.3 Forneamento                                    | 19                                |
| 2.2.4 Resfriamento                                   | 20                                |
| 2.2.5 Embalagem e Armazenamento                      | 21                                |
| 2.3 Sobre peso nos biscoitos moldados                | 21                                |
| 2.4 Lean Six Sigma                                   | 21                                |
| 2.4.1 Lean Manufacturing                             | 22                                |
| 2.4.2. Six Sigma                                     | 23                                |
| 2.5 Metodologia DMAIC                                | 24                                |
| 2.5.1 Define (Definir)                               | 25                                |
| 2.5.2 Mensure (Mensurar)                             | 25                                |
| 2.5.3 Analyze (Analisar)                             | 26                                |
| 2.5.4 Improve (Melhorar)                             | 26                                |
| 2.5.5 Control (Controlar)                            | 27                                |
| 2.6 ALGUMAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE                 | 27                                |
| 2.6.1 Diagrama de Pareto                             | 27                                |
| 2.6.2 Diagrama de Ishikawa                           | 28                                |
| 2.6.3 Histograma                                     | 29                                |
| 2.6.4 Fluxograma                                     | 30                                |
| 2.7 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)           | 30                                |
| 2.7.1 Gráficos de Controle                           | 31                                |
| 2.7.2 Índices de Capacidade do Processo              | 32                                |
| 3.                                                   | 323.1 Definir (Define)            |
|                                                      | 33                                |
| 3.2 Medir (Measure)                                  | 34                                |
| 3.3 Analisar (Analyze)                               | 34                                |
| 3.4 Melhorar (Improve)                               | 35                                |
| 3.5 Controlar (Control)                              | 35                                |
| 4.                                                   | 354.1 Definir (Define)            |
|                                                      | 36                                |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 4.2. Mensurar ( <i>Mensure</i> )                          | 38 |
| 4.3. Analisar ( <i>Analyze</i> )                          | 41 |
| 4.4. Melhorar ( <i>Improve</i> )                          | 43 |
| 4.5. Controlar ( <i>Control</i> )                         | 46 |
| 4.5.1.Criação de um Procedimento Operacional Padrão (POP) | 46 |
| 4.5.2.Criação dos limites de controle                     | 47 |
| 5. 486. 49                                                |    |

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de biscoitos tem grande significância no mercado alimentício, sendo caracterizada pela alta competitividade e por crescentes exigências por produtos com

alto padrão de qualidade. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos (Abimapi), o setor atingiu faturamento de R\$26,6 bilhões de reais e volume na média de 2,5 milhões de toneladas. A alta do dólar, atraso nas reformas e instabilidade no cenário político foram pontos que são maléficos na frente econômica do país. De acordo com o presidente executivo da Abimapi, Claudio Zanão, o cenário que se encontra o Brasil não favorece uma recuperação significativa do poder de compra das famílias, refletindo assim nos números do setor. Abordando a indústria de biscoitos especificamente, esta atingiu a marca de R\$14,3 bilhões em receita e 1,15 milhão de toneladas de produtos vendidos, sendo 0,5% e 0,8% menores respectivamente em relação aos números de 2017 (ABIMAPI, 2018).

Com a competitividade presente no setor alimentício, é necessário que as empresas aloquem recursos constantemente em melhorias para garantir a eficiência, redução de perdas prezando a qualidade dos produtos. Isso inclui o controle rígido de parâmetros sensoriais como sabor, textura e aparência, que são diretamente atrelados às variações no processo produtivo.

Um dos principais desafios das indústrias de biscoitos é o controle do peso, pois o sobrepeso gera desperdício de matéria-prima, aumento dos custos operacionais corroborando na perda de eficiência da produção. Esse desvio gera o uso excessivo de ingredientes, elevando os custos e diminuindo a margem de lucro. Ademais, para produtos fora das especificações, tem-se a necessidade de retrabalhar o que consome tempo e recursos.

O sobrepeso no processo produtivo é considerado um problema da qualidade. De acordo com Pinto e Gomes (2010), o fornecimento de produtos com a presença do sobrepeso descrito na rotulagem é um custo gerado pela falta de qualidade e não conformidade no processo. Contudo, também é válido ressaltar a importância de observar as regulamentações como é o caso da Portaria Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) nº 249 de 18/07/2008, que visa estabelecer critérios para a verificação do conteúdo líquido de produtos pré-medidos, garantindo a conformidade do peso com as especificações comerciais (BRASIL, 2008). Nesse contexto, metodologias objetivam a melhoria de tal problemática com utilização de ferramentas da qualidade e de melhorias contínuas, a exemplo da metodologia Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (DMAIC) que tem se mostrado uma abordagem eficaz para solucionar problemas dessa natureza.

O DMAIC é uma abordagem metodológica para a implementação do *Lean Six Sigma* no processo, que é composta por cinco etapas que norteiam a resolução de problemas em diversos setores, dentre eles o setor de biscoitos (Andrietta; Miguel, 2007). O método busca otimizar e gerar robustez nos processos, com o objetivo de reduzir defeitos, aumentar a satisfação dos consumidores e como consequência alavancar a lucratividade organizacional. O DMAIC é altamente eficaz na melhoria de processo, seja em suas fases iniciais ou em processos já consolidados, sendo comparados com frequência com o ciclo Planejar, Fazer, Checar e Agir (PDCA) devido à sua abordagem estruturada e de melhoria contínua (Werkema, 2013).

O objetivo geral deste trabalho é a redução de 30% do sobrepeso nos biscoitos moldados através da aplicação da metodologia DMAIC, visando aprimorar a eficiência do processo, otimizar os recursos operacionais e garantir a padronização dos produtos. Para alcançar este objetivo geral, serão perseguidos os seguintes objetivos específicos: identificar e mitigar as causas raízes da alta variação de peso nos biscoitos utilizando as etapas da metodologia DMAIC; reduzir os desperdícios de matéria-prima decorrentes do sobrepeso, otimizando o uso dos recursos; garantir maior padronização dos processos de produção, alinhando-os com as especificações técnicas e as expectativas dos consumidores; gerar ganhos significativos em qualidade, produtividade e competitividade através da minimização do sobrepeso; e implementar um controle rígido e contínuo do processo produtivo, assegurando o alinhamento com as exigências e expectativas. A implementação da metodologia de melhoria contínua corrobora para criar um controle rígido, alinhando o processo produtivo com as exigências das especificações e as expectativas dos consumidores.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo, serão apresentados conceitos fundamentais que embasam a execução do projeto. Sendo abordados os seguintes tópicos: conceito e a produção

dos biscoitos moldados, desafios relacionados com o sobrepeso em biscoitos, *Lean Six Sigma*, metodologia DMAIC e as principais ferramentas da qualidade.

## **2.1 Classificação dos biscoitos**

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é definido como biscoitos ou bolachas os produtos obtidos da mistura de farinha, amido e/ou fécula com outros ingredientes, sendo posteriormente submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Pode ter a presença de cobertura, recheio, formato e diversas texturas (Brasil, 2005).

Dentre as classificações dos biscoitos, tem-se a que se baseia na forma de moldagem e/ou corte. Segundo Granotec (2020), os biscoitos podem ser classificados como:

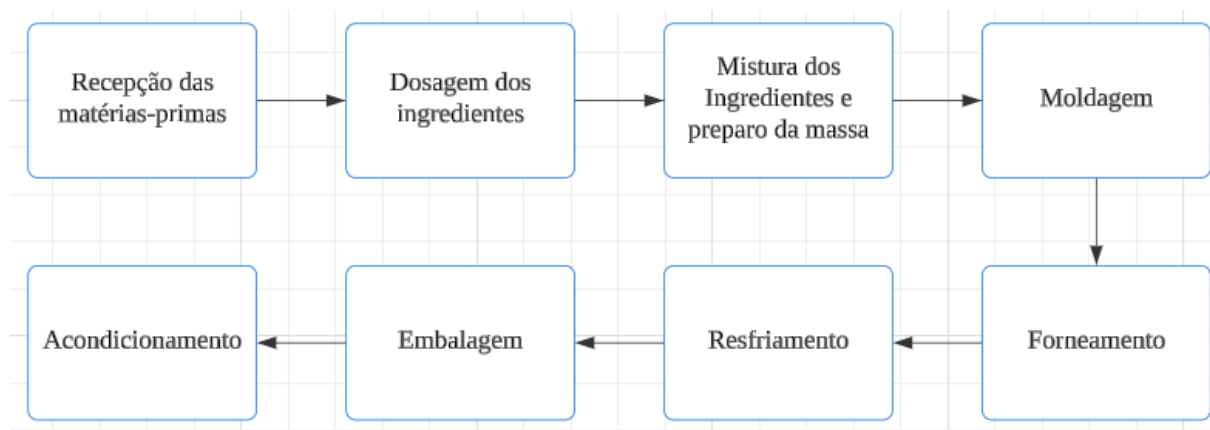
- Laminados e estampados: A massa é transformada em uma lâmina, que é cortada e estampada com o uso de prensas ou cortadores rotativos. Exemplo: *Cream Cracker*, Maria, Maizena e água e sal;
- Rotativos ou moldados: A massa é pressionada dentro de cavidades localizadas em rolos moldadores, que contêm crivos com gravuras personalizadas. Exemplo: biscoitos recheados;
- Extrusados e cortados por arame: A massa é moldada por meio de extrusão que passa por uma trefila (peça responsável por dar o formato final ao produto). O corte é feito por guilhotinas, fios ou arames. Exemplo: cookies e rosquinhas;
- Depositados ou pingados: A massa tem a característica de ser fluida, e os biscoitos são colocados diretamente na esteira do forno ou em formas específicas. Exemplo: suspiro e *wafer*.

## **2.2 Produção dos biscoitos moldados**

O processo de produção dos biscoitos moldados (Figura 1) é formado pelas operações unitárias: mistura dos ingredientes e preparação da massa, moldagem, forneamento, resfriamento (Bertolino e Braga, 2017). Cada etapa tem como intuito

atribuir ao produto características sensoriais, como sabor, crocância e textura garantindo a identidade do produto, qualidade e aceitação pelos consumidores.

Figura 1 - Fluxograma de produção de biscoitos moldados



Fonte: Autoria própria (2025).

### 2.2.1 Mistura dos ingredientes e preparação da massa

A etapa de mistura dos ingredientes e preparação da massa ocorre na masseira, também chamada de misturador ou bateadeira (Figura 2).

Figura 2 - Misturador de massa



Fonte: Peerless (2015)

Neste equipamento as matérias primas são dosadas de acordo com a receita previamente estabelecida e misturadas por, em média, 5 a 10 minutos para a garantia da homogeneização da massa. Os principais ingredientes são:

- Farinha de trigo: Forma a base do biscoito, contribuindo com o glúten que proporciona a estabilidade e retenção dos gases durante a etapa de forneamento (Granotec, 2000).
- Gorduras: Agrega a textura e crocância, além de contribuir significativamente na melhora do sabor e no aumento da vida útil do produto. Além disso, destaca-se pelo auxílio na moldagem ao tornar a massa mais plástica (Bertolino e Braga, 2017).
- Açúcares: Responsável pelo sabor adocicado, também contribui para a coloração através da caramelização e reação de Maillard, e atua na retenção da umidade, proporcionando a maciez e/ou crocância almejados (Souza e Lima, 2022).
- Agentes de fermentação (bicarbonato de sódio, pirofosfato): Corrobora no crescimento da massa ao liberar gases durante o forneamento (Silva et al, 2019).
- Água ou leite: Hidratação dos ingredientes secas, promovendo a formação da massa e homogeneização dos ingredientes (Almeida et al. ,2020).

### **2.2.2 Moldagem**

Na etapa de moldagem, os biscoitos adquirem forma e são personalizados com relevos que atribuem identidade a marca. Os moldes rotativos (Figura 3) são amplamente utilizados na produção de larga escala. Um grande tambor cilíndrico gravado com o formato dos biscoitos rotaciona, pressionando as massas contra as cavidades e então liberando para a próxima etapa da produção (Golden Bake, 2025).

Figura 3 - Moldes rotativos



Fonte: Golden Bake (2025)

### 2.2.3 Forneamento

Na etapa de forneamento, as massas que passaram pela etapa de moldagem são submetidas a ação do calor para que seja possível algumas mudanças físicas, químicas e físico-químicas responsáveis pelo desenvolvimento e caracterização do biscoito. Na Figura 4, é possível observar a lateral do forno. O forno industrial para a produção de biscoitos tem 3 zonas que são destinadas a diferentes funções.

Figura 4 - Forno industrial



Fonte: Adaptado de Gea (2020).

A primeira zona é responsável pelo desenvolvimento estrutural do produto. Isso porque, a massa começa a estender devido à ação de gorduras, açúcares e emulsificantes. Nessa etapa, os fermentos utilizados liberam dióxido de carbono a partir de 50°C e a partir de 60°C o biscoito tem suas dimensões aumentadas devido a expansão do ar e do vapor d'água. Na segunda etapa, ocorre a remoção da umidade e expansão máxima do produto. E por fim, na terceira etapa, o calor corrobora para o desenvolvimento da cor e sabor do produto devido ao fato que ocorre uma reação dos açúcares redutores com as proteínas da farinha conhecida como reação de Maillard e caramelização (Bertolino; Braga, 2017).

#### **2.2.4 Resfriamento**

Após a etapa de forneamento, os biscoitos passam por longas esteiras de resfriamento (Figura 5) em uma determinada velocidade para equalização da umidade garantindo um produto íntegro e evitar o fenômeno de “*checking*” que são o aparecimento de trincas causados pelas tensões no produto provenientes de um resfriamento inadequado (Marcelino, 2012).

Figura 5 - Esteira de Resfriamento



Fonte: Buhler Group (2023)

#### **2.2.5 Embalagem e Armazenamento**

Com o fim da etapa de resfriamento, o biscoito segue para a etapa das embaladoras que vão porcionar os biscoitos com quantidades pré-programadas. Por fim, são encaixotadas e enviadas para armazenamento para que seja distribuída para os compradores.

## **2.3 Sobre peso nos biscoitos moldados**

A indústria de biscoitos, em foco a produção de biscoitos moldados, tem desafios constantes relacionados a busca pela eficiência, diminuição de perdas e a garantia da qualidade dos produtos. Dentre um dos desafios pode ser pontuado o controle de peso, visto que o sobre peso gera desperdícios com a matéria prima, aumento dos custos operacionais e a diminuição competitividade. Pois, com produtos com excesso de peso além de serem retrabalhados por estarem fora da especificação comercial, diminui a margem de lucro prevista com a venda desses biscoitos. Esse problema prejudica também a padronização do produto, pois afeta a consistência e qualidade impactando as percepções e avaliações dos consumidores. Portanto, a redução do sobre peso dos biscoitos moldados é relevante para melhorar a eficiência do processo produtivo na etapa de moldagem, reduzir desperdícios e garantir a qualidade dos produtos.

## **2.4 *Lean Six Sigma***

Em um cenário de economia globalizada e competitiva, as empresas demandam estratégias para oferecer preços mais acessíveis sem afetar a qualidade dos produtos. Nas estratégias competitivas, isso pode ser alcançado por meio de redução dos custos de produção, inovação dos processos produtivos gerando uma eficiência operacional (PORTER, 1980).

Para atingir tais objetivos, a metodologia *Lean Six Sigma* destaca-se como uma abordagem eficaz que combina outras duas metodologias; A *Lean*, que busca a eliminação de desperdícios, e do *Six Sigma*, focado na redução da variabilidade de processos e melhoria de qualidade. Com essa junção, é possível atingir altos níveis de eficiência e competitividade com a melhoria contínua de processos e produtos. (OLIVEIRA, 2023; NICOLETTI JR., 2022).

### **2.4.1 *Lean Manufacturing***

*Lean Manufacturing*, ou manufatura enxuta, surge com o modelo Toyota de produção na década de 1950, liderado por CEO da Toyota Taiichi Ohno, com foco em identificar e mitigar desperdícios visando redução de custos, melhoria da qualidade e

agilidade nas entregas. De acordo com Womack e Jones (2005), a proposta do Lean Manufacturing, visando a produtividade dos processos, pautou-se na eliminação de 8 tipos de desperdícios (Figura 6). Sendo eles:

- **Processamento impróprio:** Realizar atividades que não agregam valor ao produto ou serviço;
- **Excesso de produção:** Produzir mais do que o necessário, gerando estoques, mais movimentações e mais defeitos;
- **Estoque:** Armazenamento excessivo de matérias primas, insumos e produtos;
- **Transporte:** Transporte dispensável de materiais, funcionários e informações do processo;
- **Movimentos desnecessários:** Movimentação em excesso que poderia estar sendo destinada a atividades que atrelam valor ao produto ou serviço;
- **Defeitos e retrabalho:** produção de produtos defeituosos que precisaram passar por retrabalho que geram gastos de materiais, mão de obra dentre outros;
- **Espera:** Tempo ocioso de funcionários e máquinas;
- **Desperdício intelectual:** Subutilização do potencial e conhecimento dos colaboradores em atividades de baixa eficiência.

Figura 6 - Os 8 desperdícios do Lean Manufacturing

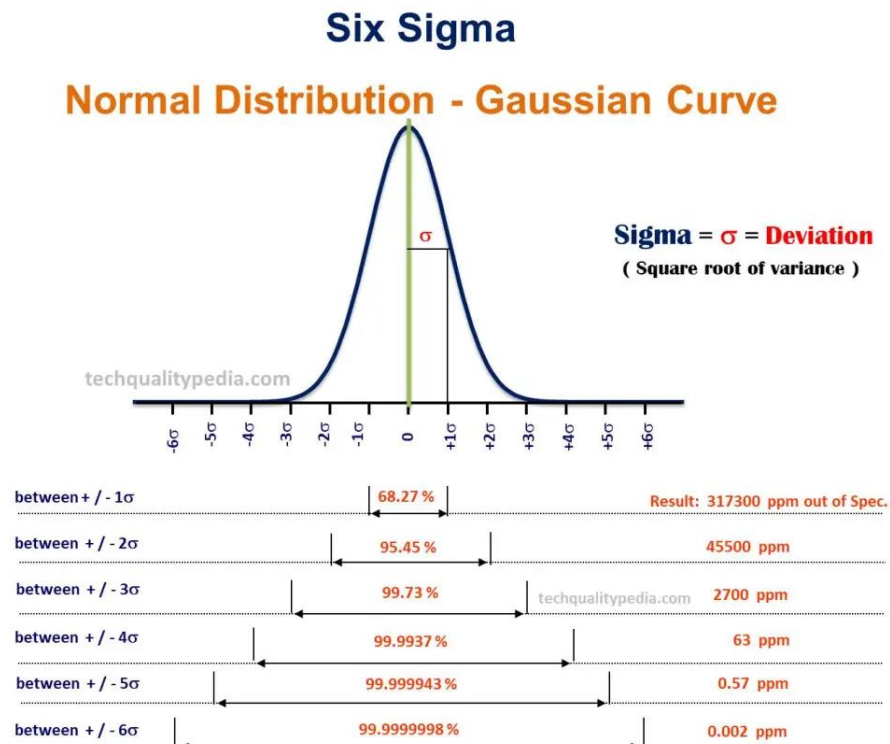


Fonte: Voitto (2024)

### 2.4.2. Six Sigma

O *Six Sigma* usa da letra grega  $\sigma$  (sigma), que representa a variabilidade, isto é, desvio padrão de um processo. Na distribuição normal, também conhecido como distribuição gaussiana (Figura 7), o  $\sigma$  descreve a dispersão dos dados em torno da média ( $\mu$ ). Quanto menor for a variabilidade, mais previsíveis e consistentes é o processo. O conceito de *Six Sigma* tem o objetivo de reduzir a variabilidade a um nível que se produza, no máximo, 3,4 defeitos por milhão, ou 99,9997% livre de defeitos.

Figura 7 - Distribuição normal - Six Sigma



Fonte: Techqualitypedia (2022)

De acordo com Rasis (2002), a aplicação da metodologia é evidenciada pelo uso de ferramentas estatísticas e análise robusta de dados conforme Carvalho e Paladini (2005) e Rotondaro *et al.*(2008). O foco na base robusta estatística torna possível que o Seis Sigma seja uma estratégia eficiente para a melhoria de processos em distintos setores.

## 2.5 Metodologia DMAIC

A metodologia principal do Six Sigma ( $6\sigma$ ) é o DMAIC, acrônimo que expressa as fases de Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (Rasis, 2002). Essa abordagem sistemática é fundamental para implementar mudanças eficazes e sustentáveis. No contexto da indústria alimentícia, a aplicação do Seis Sigma é relevante, pois garante maior consistência e qualidade nos processos, minimizando desperdícios e tendo uma crescente na satisfação dos consumidores (Werkema, 2004).

### 2.5.1 *Define* (Definir)

Na primeira etapa (definir) é estabelecida as bases do projeto. São definidos as metas e o escopo, visando garantir que as atividades estejam alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa (Werkema, 2013).

Conforme Carvalho e Paladini (2012), algumas das ferramentas mais comuns utilizadas nesta etapa incluem:

- **Project Charter (Contrato de Projeto):** Utilizado como formalização para a execução do projeto, explicitando os objetivos, cronograma, recursos necessários e equipe.
- **VOC (Voz do Cliente):** Refere-se ao conjunto de expectativas, necessidades e desejos do cliente relacionados com os produtos ou processos.
- **Mapa *Supplier, Input, Process, Output e Customer* (SIPOC):** Representa a visão geral do processo, identificando as relações entre as variáveis e auxiliando a equipe do projeto a entender o processo para melhores resultados. A sigla apresenta os elementos chaves - S (*Suppliers* - Fornecedores), I (*Inputs* - Entradas), P (*Process* - Processo), O (*Outputs* - Saídas) e C (*Customers* - Clientes).

### 2.5.2 *Mensure* (Mensurar)

A segunda etapa (mensurar) é caracterizada pelo foco em analisar todos os aspectos do processo, levantando dados essenciais para que seja possível

compreender a problemática. Após ser identificado os problemas mais críticos, é de suma importância que sejam estudadas variações do processo relacionado com esses problemas (Werkema, 2004).

As ferramentas mais comuns usadas nesta etapa para garantir a efetividade do processo são a estratificação que organiza os dados de maneira significativa; amostragem que busca analisar de maneira representativa do todo; Histogramas com a visualização da distribuição dos dados, cartas de controle para a demonstração visual para analisar a estabilidade do processo; Diagrama de Pareto que prioriza os problemas mais incidentes dentre outras, obtendo assim dados confiáveis para uma análise robusta do processo.

### **2.5.3 Analyze (Analisar)**

A terceira etapa (analisar), é focada em compreender de maneira total o problema, identificando causas raízes e as quantificando (Werkema, 2004). Uma análise robusta e bem fundamentada permite focar nas causas raízes, em vez de apenas tratar os sintomas.

As ferramentas utilizadas vão de acordo com o processo envolvido. De acordo com Carvalho e Paladini (2012) é importante usar *softwares* estatísticos, como o *Minitab*. Pois, é possível realizar cálculos avançados e gerar gráficos que serão norteadores das ações. Entre as ferramentas mais utilizadas vale destacar o *Brainstorm*, para geração das ideias e identificação das potenciais causas; Testes de hipóteses e análise de variância (ANOVA) para verificar relações estatísticas e diferenças entre grupos de dados; Diagrama de Ishikawa, que é uma ferramenta de análise de processos que visa a identificação das causas raízes (Carvalho; Paladini, 2012).

### **2.5.4 Improve (Melhorar)**

A penúltima etapa (melhorar) é focada na implementação das melhorias levantadas durante a etapa anterior (Werkema, 2013). A aplicação de ferramentas como as simulações, testes industriais são amplamente utilizadas, pois, em um ambiente controlado e mensurável, é possível comprovar a eficácia da metodologia e das ações levantadas durante o processo antes mesmo da implementação em larga

escala.

O foco dessa etapa é levantar propostas de solução para os problemas mais críticos, com base nas análises estatísticas e robustas da etapa anterior. Segundo Werkema (2018), deve-se iniciar com um *brainstorming* para que seja feita uma geração de ideias que tem potencial para mitigar os problemas identificados (Werkema, 2018). As ferramentas mais utilizadas são: *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa, 5W2H.

#### **2.5.5 Control (Controlar)**

Por fim, a última etapa (controlar) tem como principal objetivo garantir que as melhorias implementadas ao longo do uso da metodologia sejam mantidas. Essa fase começa com a implementação de forma definitiva das propostas de intervenção validadas com os testes anteriores (Werkema, 2004). Com o intuito de preservar a capacidade do processo e minimizar chances de retrocessos, o monitoramento se torna essencial.

De acordo com Carvalho e Paladini (2012), esse acompanhamento deve ser atrelado a ferramentas estatísticas que auxiliem no controle de processo para detectar possíveis desvios de maneira ágil, assim conseguindo manter os ganhos obtidos e assegurar a estabilidade do processo (Carvalho; Paladini, 2012). Algumas das ferramentas mais utilizadas são os histogramas, avaliação de desempenho, cartas de controle dentre outras.

### **2.6 ALGUMAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

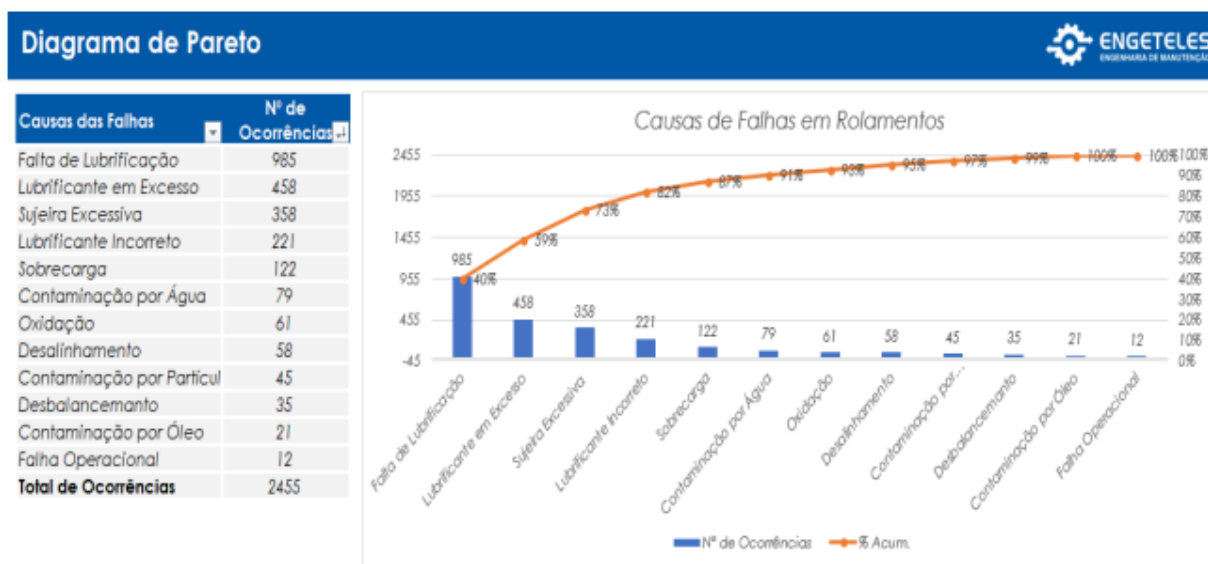
As ferramentas da qualidade são utilizadas para identificar problemas e suas principais causas, analisá-las e, por fim, eliminá-las ou mitigá-las, por meio da implementação das melhorias propostas e da verificação dos resultados. Dentre as ferramentas mais utilizadas, destacam-se:

#### **2.6.1 Diagrama de Pareto**

De acordo com Machado (2012), o diagrama de Pareto tem como objetivo descrever graficamente (Figura 8) as informações de modo a evidenciar as que mais

impactam o processo, para destinar os esforços mais estrategicamente. Isto é, o gráfico de Pareto ordena as frequências de atividades ou ocorrências de tal problemática, em ordem decrescente para que facilite a identificação das principais causas ou efeitos, podendo assim, priorizá-los (Machado, 2012).

Figura 8 - Exemplo de diagrama de Pareto



Fonte: Teles (2019)

## 2.6.2 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama causa e efeito ou espinha de peixe, é uma ferramenta da qualidade que visa identificar as falhas no processo (Werkema, 2004).

A técnica 6M, detalhada por Werkema (2012), é comumente utilizada na construção do diagrama de causa e efeito, conforme ilustrado na Figura 9. Essa técnica organiza as causas em seis categorias (máquina, método, mão-de-obra, medição, material e meio ambiente) para facilitar a identificação das origens do problema

Figura 9 - Diagrama de Ishikawa com uso do método 6M

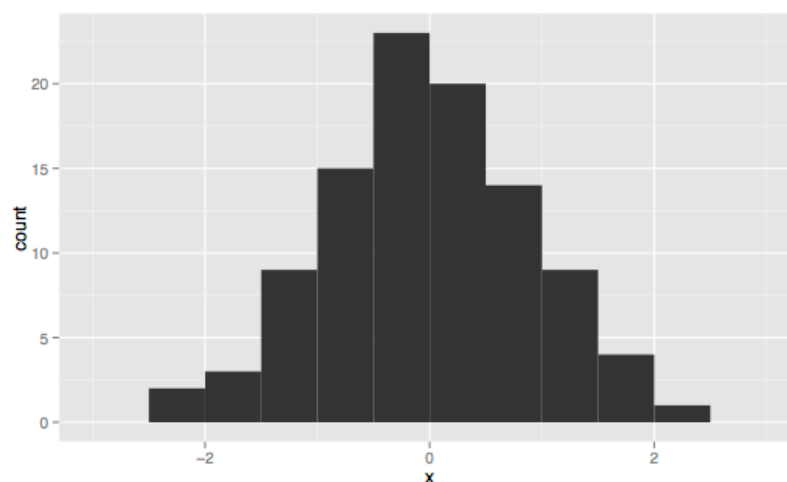


Fonte: Keeps (2021)

### 2.6.3 Histograma

É uma ferramenta gráfica (Figura 10) que apresenta a distribuição de dados ao longo do processo. Ordena os dados em intervalos, possibilitando a identificação de padrões e tendências. O histograma é essencial para visualização do comportamento dos dados e identificar áreas que necessitam de melhorias (Montgomery, 2020).

Figura 10 - Exemplo de histograma

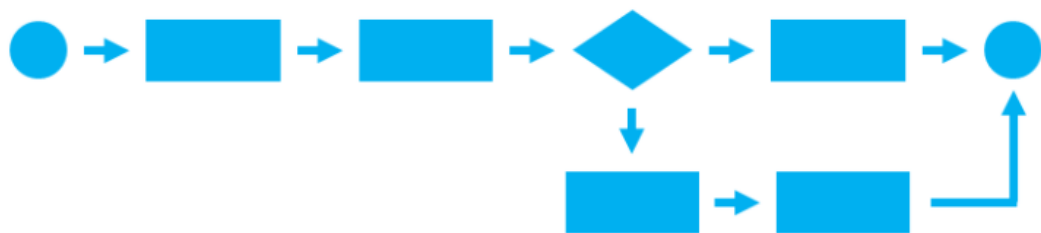


Fonte: Alura (2023)

#### 2.6.4 Fluxograma

A Figura 11 apresenta um exemplo de fluxograma que é uma ferramenta de representação visual de um processo, composta por símbolos padronizados que indicam etapas, decisões e fluxos. Ele possibilita o mapeamento de maneira clara e objetiva, facilitando as análises e identificação de gargalos (Juran; Defeo, 2010).

Figura 11 - Exemplo de fluxograma



Fonte: Siteware (2023)

### 2.7 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP)

O Controle Estatístico de Qualidade (CEP) é um conjunto de técnicas estatísticas usadas para monitorar e controlar os processos produtivos que tem como base métodos estatísticos para monitorar e controlar os processos produtivos. Tem como objetivo principal garantir que o processo esteja performando dentro dos parâmetros pré-estabelecidos e identificando quaisquer variações, permitindo assim, a implementação de medidas corretivas para essas alterações antes que os problemas se agravem (Montgomery, 2020).

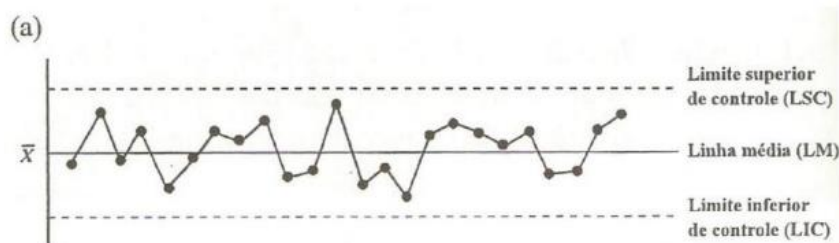
#### 2.7.1 Gráficos de Controle

O gráfico de controle, presente na Figura 12, tem como objetivo tornar visual as variações presentes no processo ao longo do tempo. São usados para verificar se o processo está sob controle estatístico, isto é, avaliar as variações de modo a classificá-las como eventuais (ou aleatórias) ou se há causas específicas que requerem intervenções (Montgomery, 2020).

Segundo Moreira *et al.* (2004), os gráficos da média ( $\bar{x}$ ) são usados para averiguar e identificar os dados ao longo do tempo. O gráfico é plotado diante do

lançamento de dados em tempos pré-definidos e analisada a variação da linha média, que representa valor-alvo ou “target” do processo (Moreira et al., 2004).

Figura 12 - Exemplo de gráficos de controle da média



Fonte: Werkema (1995)

Para a construção dos gráficos, é necessário a determinação dos limites superiores de controle (LSC) e limites inferiores de controle (LIC). O LSC é o valor máximo que a amostra pode apresentar sem que o processo fique fora do controle estatístico. É definido com base na média ( $\bar{x}$ ) e na variabilidade nado processo. E o LIC é o mínimo valor aceitável, caso as amostras apresentem valor abaixo do LIC, é necessário investigação e ações corretivas para o processo voltar ao controle estatístico. Esses limites são calculados a partir da média e usando, comumente, uma margem de  $3\sigma$  acima e abaixo da média. O método de cálculo usado para determinar o LSC e LIC são descritas na Equação 1 e 2 respectivamente:

$$\text{LSC} = \bar{x} + 3\sigma \quad (1)$$

$$\text{LIC} = \bar{x} - 3\sigma \quad (2)$$

### 2.7.2 Índices de Capacidade do Processo

Os índices de capacidade do processo são valores adimensionais que indicam o desempenho do processo. A análise dos índices de capacidade do processo é importantes para o controle estatístico de processo (CEP) pois permite identificar a performance do processo de acordo com limites de especificação definidos (Torminato, 2004a). Os índices mais usados são:

- **Índice de capacidade real do processo (Cpk):** Afere a capacidade do processo. Considera a variabilidade e se a média dos dados

apresentados ao longo do processo atende a especificação, levando em conta a centralização do processo. É definido na Equação 3:

$$\bullet \quad Cpk = \min \left( \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{LIE - \mu}{3\sigma} \right) \quad (3)$$

Onde

LSE = Limite Superior de Especificação

LIE = Limite Inferior de Especificação

$\mu$  = Média

$\sigma$  = Desvio padrão

A interpretação do resultado é referente a quantos desvios padrões estão situados entre a média e o limite de especificação definido. Assim, de acordo com a

Tabela 1, pode-se observar os significados dos valores de Cpk:

Tabela 1 - Significado dos valores de Cpk

| Valor de Cpk      | Significado dos valores                                                            |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Cpk 1,33          | Processo capaz - operação tem controle do processo                                 |
| 1,00 < Cpk < 1,33 | Processo aceitável - Exige controle contínuo para evitar variabilidades            |
| Cpk < 1,0         | Processo incapaz - Pode ter produção defeituosa, exige monitoramento 100% do tempo |

Fonte: Adaptado de Vieira (1999)

- **Índice de capacidade do processo (Cp):** Mede a capacidade do processo de atender as especificações determinadas. Diferentemente do Cpk, o Cp não avalia a centralização do processo. Portanto, não representa a porcentagem fora de especificação e sim um índice nominal do processo. É definido na Equação 4:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (4)$$

### 3. METODOLOGIA

O uso da metodologia DMAIC visou proporcionar uma abordagem sistemática para resolver problemas relacionados ao sobrepeso na produção de biscoitos moldados. Sendo assim, utilizado como norteador para a resolução da problemática abordada neste trabalho.

#### 3.1 Definir (*Define*)

O primeiro passo da implementação da metodologia consistiu em definir o problema, os objetivos e quais os parâmetros envolvidos que precisam ser controlados. O problema em questão é o sobrepeso nos biscoitos moldados, o que tem como consequência o desperdício de matéria-prima, aumento dos custos de produção e a perda da qualidade do biscoito produzido. O cálculo do sobrepeso é feito pela Equação 5, que apresenta os desvios do peso apontado durante a produção e o peso nominal dividido pelo peso nominal

$$\text{Sobrepeso} = \left( \frac{\mu - T}{T} \right) \times 100 \quad (5)$$

onde  $\mu$  é a média populacional de peso apontada durante a produção e T o valor do produto nominal.

O objetivo principal gira em torno da redução do sobrepeso identificado, assegurando que todos os biscoitos produzidos a partir da implementação das ações tenham seu peso dentro da faixa definida. O escopo do projeto abrange a etapa da fabricação, com foco nos sistemas de dosagens e nos equipamentos de moldagem. A equipe é multidisciplinar com a presença de especialistas de linha, operadores de máquinas, especialistas em processos e especialistas em manutenção. Para guiar a etapa, utilizou-se as ferramentas SIPOC e histogramas.

#### 3.2 Medir (*Measure*)

A segunda etapa da implementação consistiu em coletar os dados que visem quantificar e entender a magnitude do sobrepeso frente a produção. Dado isso, tem-se o auxílio de balanças analíticas para pesar os produtos após a etapa de forneamento, isto é, antes de ser embalado. Os indicadores de desempenho a serem

acompanhados são o Cp (índice de capacidade do processo) e Cpk (capacidade real do processo) que são indicadores que visam mensurar o quão controlado está o processo, desvio padrão, % de sobre peso, gráficos de controle e histogramas.

### **3.3 Analisar (Analyze)**

As análises da terceira etapa tiveram o objetivo de identificar as causas raízes principais para o problema de sobre peso nos biscoitos, com o uso de ferramentas estatísticas e de análise de processos. A análise de pareto pode ser aplicada para identificar os fatores mais latentes que corroboram na incidência do sobre peso, como a descalibração dos equipamentos de moldagem, falta de *centerlining*, isto é, os valores padrões dos parâmetros de funcionamento dos equipamentos, variações nas propriedades da massa como a viscosidade e umidade, dentre outros.

O diagrama de Ishikawa, torna-se uma ferramenta importante para mapear as possíveis causas do problema. O diagrama consiste nos 6M's (máquina, método, mão-de-obra, medição, material e meio ambiente) para analisar as condições básicas dos equipamentos. Os 5 porquês para encontrar as causas raízes e os gráficos de controle devem ser utilizados para monitorar a variação do peso ao longo do tempo e encontrar possíveis padrões e falhas.

### **3.4 Melhorar (Improve)**

A quarta etapa da metodologia é a fase de implementação das melhorias para mitigar ou reduzir as fontes geradoras de sobre peso na produção. A calibração dos equipamentos se torna uma das primeiras ações a serem feitas, pois é necessário garantir que estejam dosados corretamente. Além disso, ajustes de processos devem ser feitos, a exemplo da determinação de parâmetros chaves como a velocidade de alimentação da massa, pressão do rolo moldador na massa, temperatura da massa e o controle de parâmetros da massa como a umidade são fundamentais. Outra melhoria importante é o treinamento da operação para que saibam identificar e corrigir problemas no processo como a pressão do rolo e velocidade do rolo de alimentação. Ademais, testes devem ser feitos para validar as mudanças propostas sem afetar a performance da linha em larga escala. As ferramentas utilizadas serão *brainstorming* e 5W2H.

### **3.5 Controlar (Control)**

Na última etapa, a etapa de controlar, é a de garantir que as melhorias aplicadas sejam sustentadas por longos tempos, por meio de controle contínuo. Um sistema de monitoramento deve ser seguido para comprovar que as melhorias estão sendo sustentadas. Auditorias regulares no processo para garantir a calibração dos equipamentos e a conformidade com os padrões. A manutenção preventiva também é fundamental para assegurar o bom funcionamento dos equipamentos.

O controle estatístico de processos (CEP) deve ser usado com o fim de monitorar a estabilidade do processo ao longo do tempo, identificar variações que indiquem problemas na produção. Além disso, é imprescindível documentar e padronizar os novos procedimentos gerando uma cultura de informações para que todos que trabalham no processo estejam cientes e garantam que as práticas sejam seguidas e o controle do peso seja eficiente.

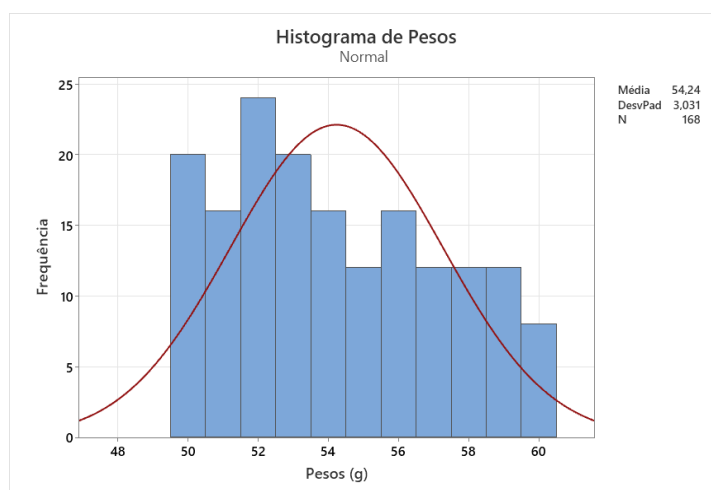
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, os resultados são apresentados e discutidos conforme a metodologia descrita acima, demonstrando a evolução do processo e a eficácia das soluções aplicadas para garantir maior padronização e controle do peso dos biscoitos moldados.

### 4.1 Definir (*Define*)

O projeto foi implementado em uma indústria do ramo de biscoitos localizada em Pernambuco, que produz mais de 250 toneladas de biscoitos moldados por semana. É importante entender que o biscoito analisado, tem peso nominal de 50g, é constituído por 10 unitários com peso médio de 5g cada. Ao longo de 2 semanas foram assistidas as produções, acompanhando as medições de peso unitário e nominal, dimensional e umidade com intuito de identificar os padrões e desvios de peso em relação com o peso unitário, e o nominal, que gira em torno de 50g, para que seja identificado o sobrepeso e sua magnitude. Na Figura 13, observa-se o histograma de pesos coletados durante as produções assistidas.

Figura 13 - Histograma de pesos durante produção assistida

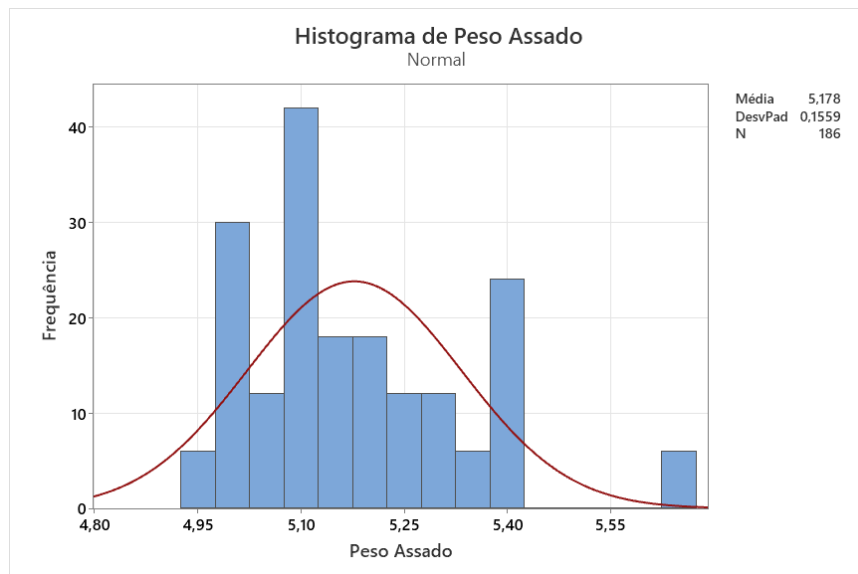


Fonte: Autoria própria (2025)

Pode-se observar que a média de peso foi de 54,24g e o desvio padrão de 3,031. Com isso, foi possível constatar que o sobrepeso, calculado pela equação 5, era de 8,48%.

Também foi necessário definir o sobrepeso do produto unitário. Na Figura 14, observa-se o histograma do peso assado.

Figura 14 - Histograma de Peso Assado

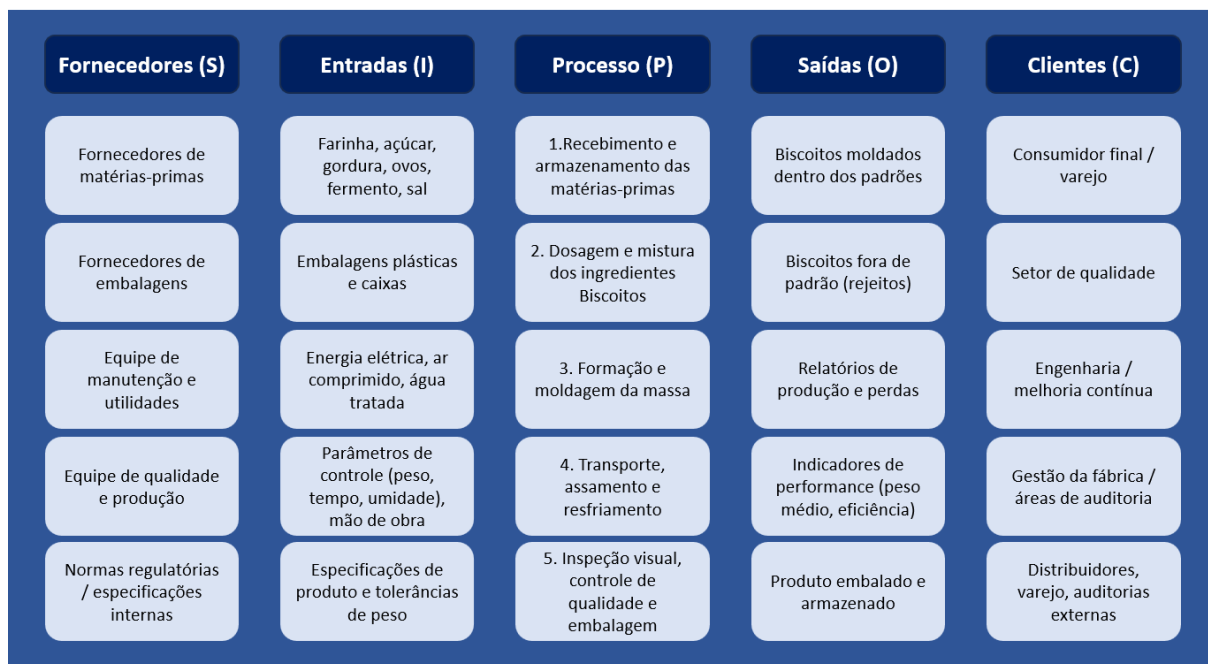


Fonte: Autoria própria (2025)

De maneira análoga ao sobrepeso calculado no produto nominal, observou-se a média de 5,18g e desvio padrão de 0,16. Com isso, constatou-se um sobrepeso de 3,6% para o biscoito unitário.

Para melhor entender melhor o processo, e definir entradas e saídas usou-se o mapa SIPOC, presente na Figura 15, que além de possibilitar a visualização com clareza do fluxo, ajuda na determinação da equipe multidisciplinar, visto que no mapa estão presentes as partes integrantes de toda a cadeia produtiva.

Figura 15 - Mapa SIPOC



Fonte: Autoria própria (2025)

Dadas as considerações feitas, com o time multidisciplinar determinado, o objetivo principal traçado foi a redução de 30% do sobrepeso dos biscoitos produzidos a partir da implementação do projeto, assegurando que os produtos tenham seu peso dentro de limites estabelecidos. O escopo teve seu foco na fabricação, com foco nos sistemas de dosagem e nos equipamentos de dosagem, visto que são as etapas que interferem em maior proporção no peso do produto.

#### 4.2. Mensurar (*Mensure*)

Na etapa de mensurar foram levantados os dados de peso do biscoito cru e peso do biscoito assado, umidade para ter base assertiva dos focos de sobrepeso. Além disso, levantou dados de variação de dosagem e os dados de Cp (índice de capacidade do processo) e Cpk (índice de capacidade real do processo) para ter a projeção do processo e saber se o processo estava sob controle.

Para as análises, foram definidos os limites de especificação para o peso cru, peso assado e umidade do biscoito para que possam ser mensurados os índices de capacidade e capacidade. A Tabela 2 apresenta os limites de especificação dos parâmetros analisados.

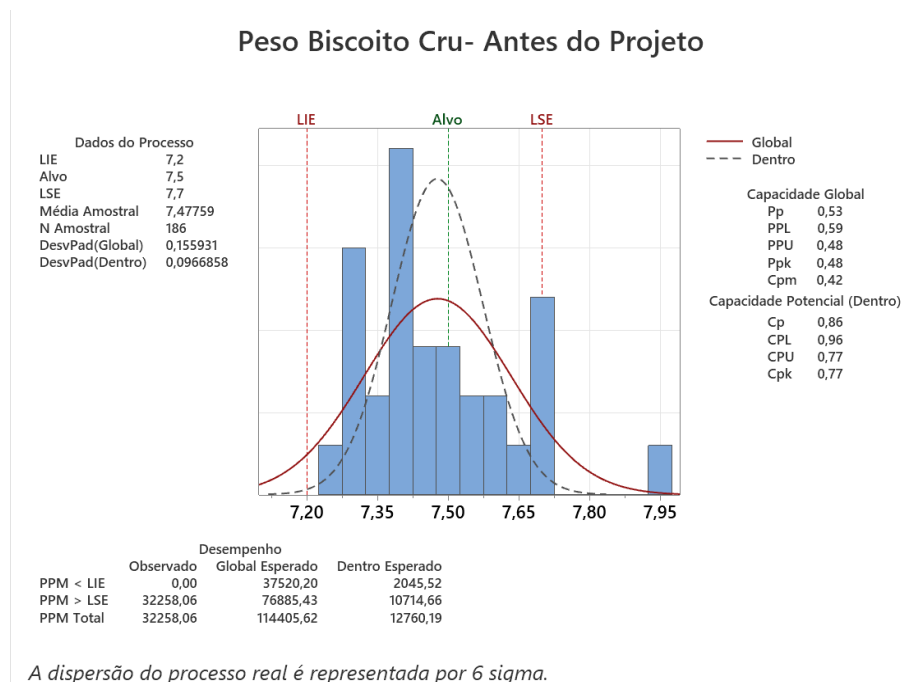
Tabela 2 - Limites de especificação do peso cru, peso assado e umidade do biscoito

| Parâmetros      | Limite Inferior de Especificação - LIE | Alvo | Limite Superior de Especificação - LSE |
|-----------------|----------------------------------------|------|----------------------------------------|
| Peso Cru (g)    | 7,20                                   | 7,50 | 7,70                                   |
| Peso Assado (g) | 4,85                                   | 5,00 | 5,20                                   |
| Umidade (%)     | 0,80                                   | 1,20 | 1,60                                   |

Fonte: Autoria própria (2025)

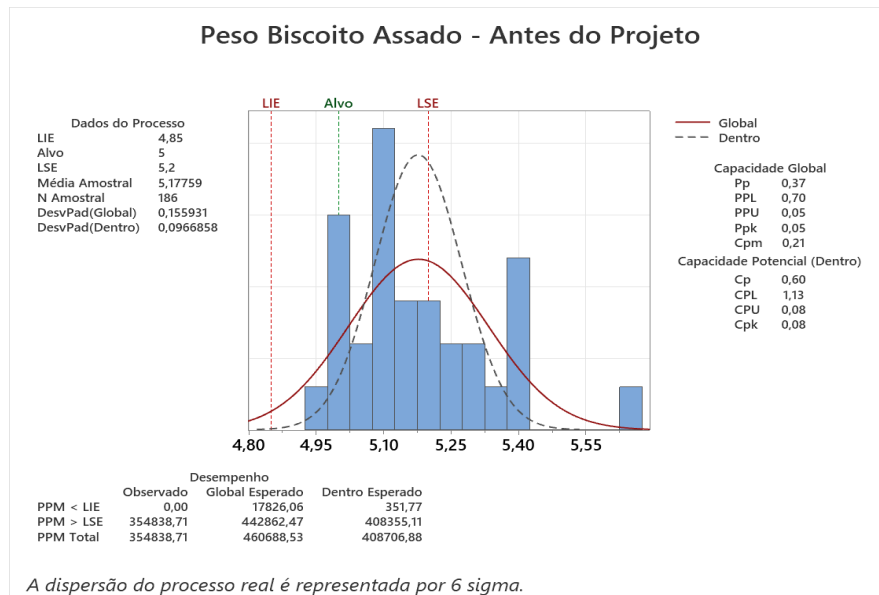
Para os dados de peso do biscoito cru (Figura 16) e peso do biscoito assado (Figura 17) foram constatados os valores de Cp de 0,60, Cpk de 0,77, média 7,48 e desvio padrão de 0,16 e para o peso do biscoito assado obtendo os valores de Cp 0,60, Cpk de 0,08, média 5,17 com desvio padrão de 0,16.

Figura 16 - Peso do biscoito cru antes do projeto



Fonte: Adaptado de Minitab (2025)

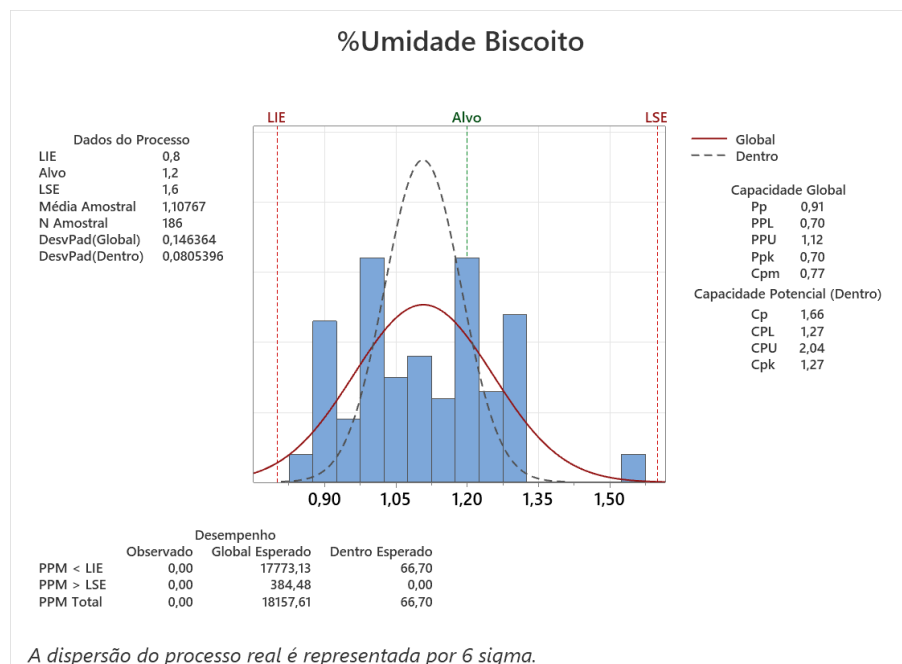
Figura 17 - Peso do biscoito assado antes do projeto



Fonte: Adaptado de Minitab (2025)

Para os valores de umidade encontrados da Figura 18 foram levantados os dados e constatou-se que a média foi de 1,11%, desvio padrão de 0,15 , Cp de 1,66 e Cpk 1,27.

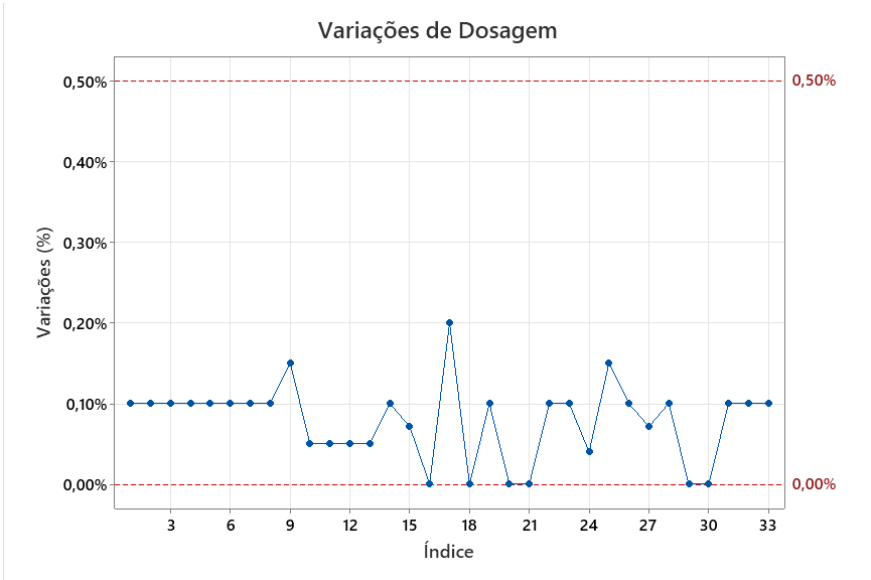
Figura 18 - Umidade do biscoito



Fonte: Adaptado de Minitab (2025)

Para as variações de dosagem encontradas na Figura 19, foram acompanhadas durante o processo para capturar algum desvio de composição da farinha, matéria-prima de maior participação no biscoito.

Figura 19 - Variação de Dosagem de Farinha

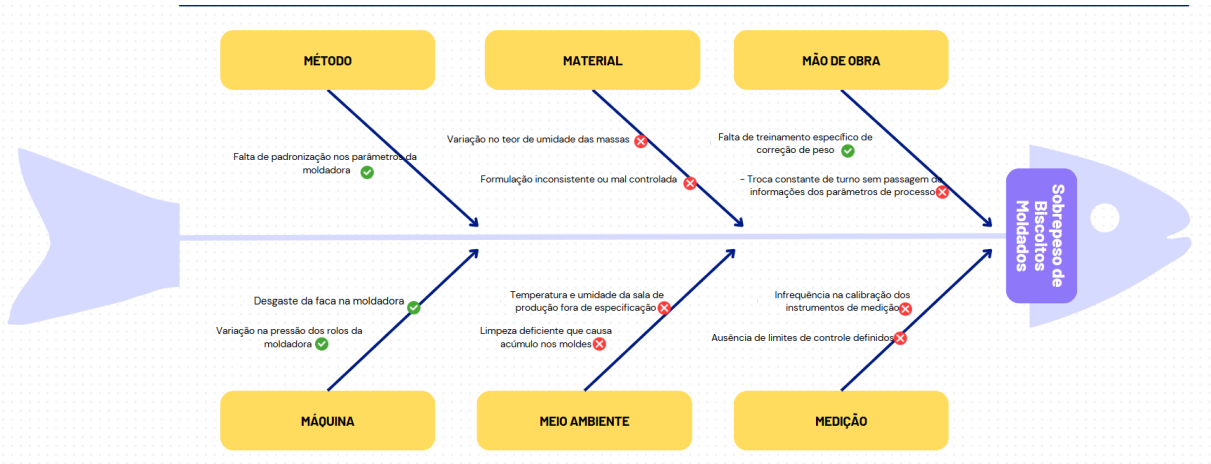


Fonte: Adaptado de Minitab (2025)

4.3. Analisar (Analyze)

Com reuniões do time multifuncional foram realizados *brainstormings* para elaborar o Diagrama de Ishikawa encontrado na Figura 20.

Figura 20 - Diagrama de Ishikawa focado no sobrepeso de biscoitos moldados

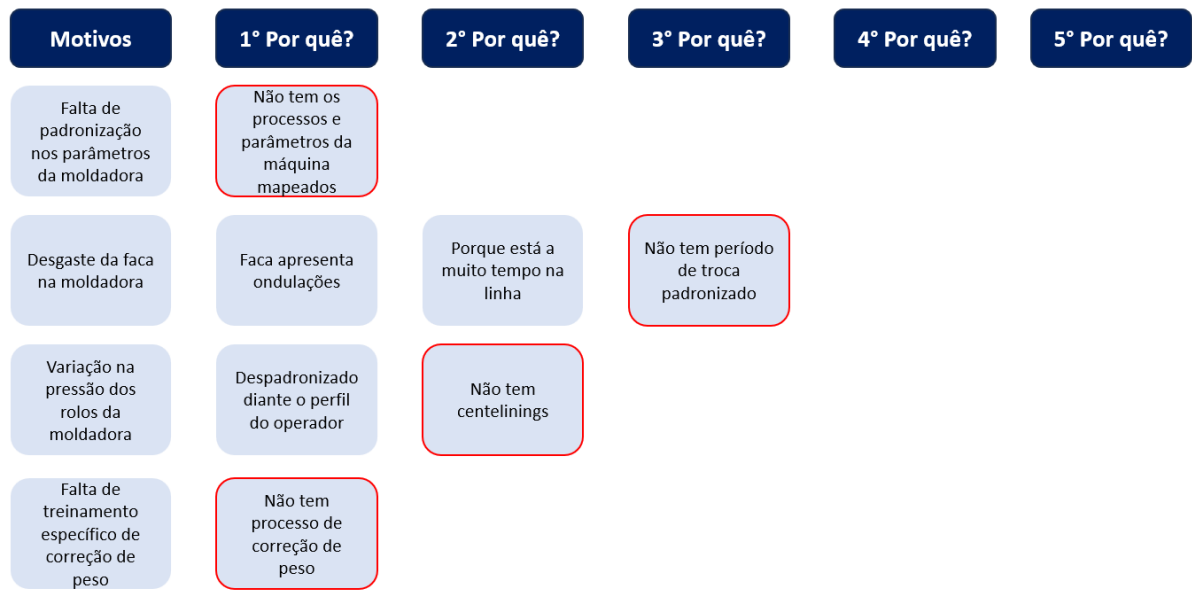


Fonte: Autoria Própria (2025)

Com os valores obtidos na etapa de medir, pode-se guiar as análises e descartar as que não poderiam ser as possíveis causas. Como por exemplo, na etapa do material o teor de variação das massas foi descartado por motivos que o Cpk de umidade estava 1,27 e o processo está controlado. Além disso, a formulação não apresentou variação de dosagem pelo fato que no mapeamento das dosagens realizadas a variação teve apenas um pico de 0,2%, nas demais estão abaixo de 0,1%.

Contudo, com os dados de peso cru e peso assado ambos com os valores de Cpk e Cp estão abaixo de 1, o que mostra que além do sobrepeso o processo está descontrolado. Com isso, foi feita uma análise de 5 porquês, presente na Figura 21, para encontrar as possíveis causas raízes dessas problemáticas levadas no diagrama.

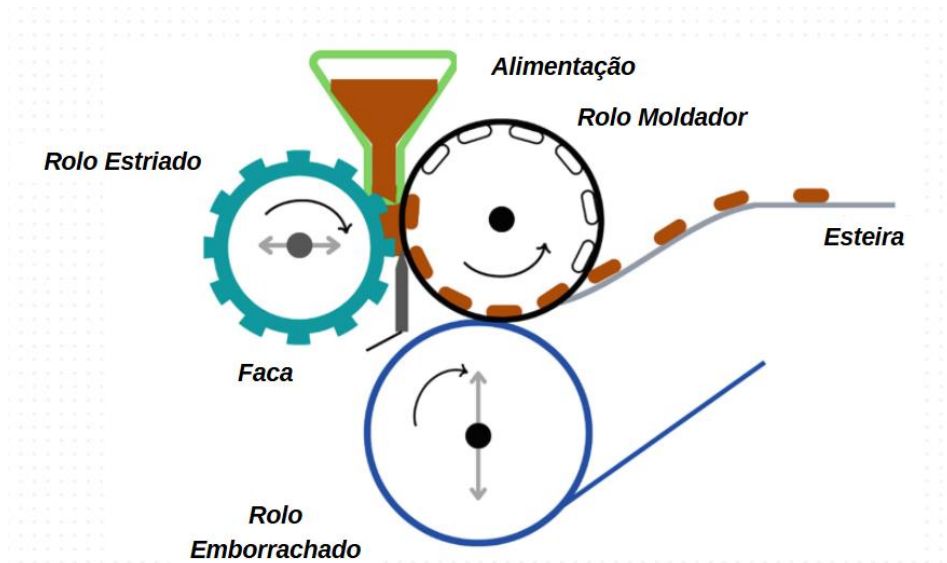
Figura 21 - Análise de 5 porquês dos motivos levantados no diagrama de Ishikawa



Fonte: Autoria própria (2025)

Com isso, passou-se a observar a moldadora rotativa, presente na Figura 22, utilizada no processo, para entender seu funcionamento e assim padronizá-la.

Figura 22 - Modelo de moldadora rotativa de biscoitos



Fonte: Adaptado de Shah et al (2023)

Com a análise da moldadora, as funções dos parâmetros e partes integrantes foram mapeadas. O rolo estriado recebe a massa que vem da alimentação e pressiona contra as cavidades do rolo moldador. A faca retira o excesso de massa que ficou nas cavidades e o rolo emborrachado pressiona a lona da esteira contra o rolo moldador para que seja feito o desmolde. Dado isso, as posições da faca e as pressões que os rolos componentes no processo são importantes para manter a o peso dentro dos valores desejados. (Davidson, 2018).

#### 4.4. Melhorar (*Improve*)

Com os pontos levantados de falta de processos mapeados da máquina, no caso a moldadora, sem periodização de troca de faca, não ter *centerlinings* das pressões dos rolos da moldadora e não ter procedimento de correção de peso foram levantadas. As ações relacionadas foram destrinchadas em um 5w2h, presentes no Quadro 1, para deixar os planos de ação bem mapeados e direcionados.

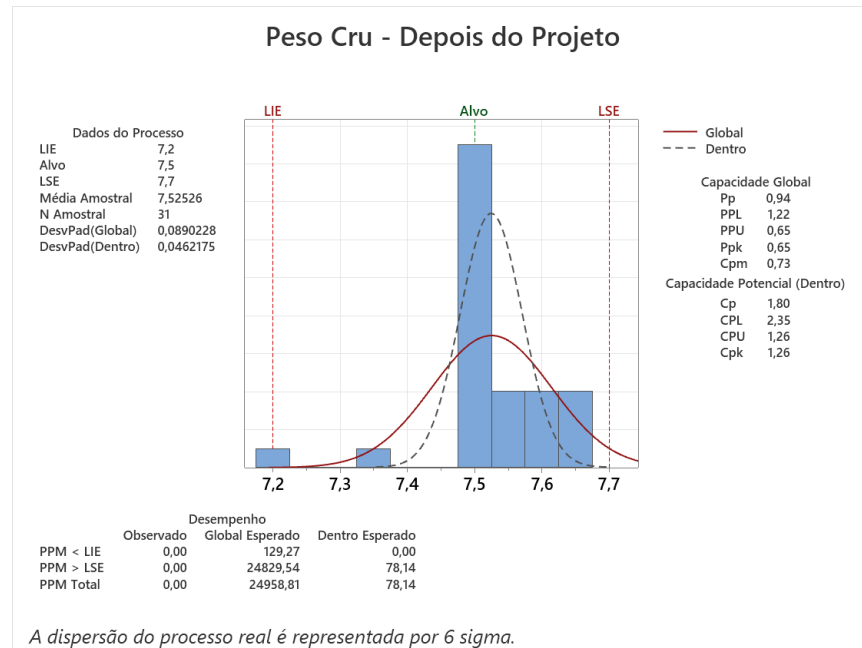
Quadro 1 - Ações realizadas descritas no método 5W2H

| What (O quê?)                                          | Why                                                            | Where                                  | When             | Who                          | How                                                                          | How Much  |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Mapear os processos da moldadora                       | Falta de controle nos ajustes e operações                      | Linha de produção dos biscoitos moldad | 30 dias          | Engenharia de Processos      | Levantamento de dados operacionais, criação de fluxogramas e procedimentos   | R\$ 0     |
| Implementar periodicidade para troca de facas          | Facas desgastadas afetam a precisão do corte e peso final      | Moldadora                              | A cada 15 ciclos | Especialista de Manutenção   | Criação de plano de manutenção preventiva                                    | R\$ 15000 |
| Implementação de conta giro para o rolo moldador       | Para padronizar o tempo de troca de rolo                       | Moldadora                              | 30 dias          | Especialista de Manutenção   | Instalar na moldadora e conectar por meio de automação no quadro de controle | R\$ 5000  |
| Criar centerlinings para pressão dos rolos             | Garantir parâmetros fixos para estabilidade do processo        | Moldadora                              | 30 dias          | Especialista de Processo     | Testes de calibração e definição de parâmetros fixos                         | R\$ 0     |
| Estabelecer procedimento de correção de peso           | Evitar desperdícios e inconsistências no controle de qualidade | Produção e Controle de Qualidade       | 60 dias          | Especialista de Processo     | Criação de POP com ações corretivas                                          | R\$ 0     |
| Calibrar balanças de pesagem periodicamente            | Garantir precisão na medição do peso                           | Setor de pesagem                       | Mensalmente      | Especialista de Manutenção   | Programação de calibração certificada                                        | R\$ 15000 |
| Implementar auditorias internas para controle de peso  | Monitoramento contínuo para evitar desvios                     | Linha de produção                      | Semanalmente     | Equipe de Qualidade          | Checklists e revisões de amostras                                            | R\$ 0     |
| Treinar operadores sobre correção de peso na moldadora | Conscientizar a equipe sobre custos e qualidade                | Sala de treinamento e chão de fábrica  | 90 dias          | Especialista de Processo     | Treinamentos teóricos e práticos                                             | R\$ 0     |
| Instalar sensores de controle de espessura da massa    | Detectar variações antes da moldagem                           | Entrada da moldadora                   | 90 dias          | Manutenção e Engenharia      | Avaliação de fornecedores e testes piloto                                    | R\$ 50000 |
| Criar dashboard para monitoramento de peso             | Acompanhamento imediato e resposta rápida a desvios            | Sala de controle e produção            | 90 dias          | TI e Engenharia de Processos | Desenvolvimento de sistema integrado com balanças                            | R\$ 0     |
| Revisar formulação da massa para estabilidade          | Ingredientes com variação afetam peso final                    | P&D e Produção                         | Trimestralmente  | Equipe de P&D e Qualidade    | Análises de laboratório e ajustes na formulação                              | R\$ 0     |
| Definir limites de controle estatístico para peso      | Melhorar a previsibilidade do processo                         | Controle de Qualidade                  | 60 dias          | Qualidade e Engenharia de Pr | Uso de CEP (Controle Estatístico de Processo)                                | R\$ 0     |
| Criar plano de resposta rápida para desvios de peso    | Corrigir variações antes que gerem perdas                      | Produção                               | 1 dia            | Supervisores e Operadores    | Procedimento claro de ajuste imediato                                        | R\$ 0     |
| Melhorar sistema de manutenção preventiva da moldadora | Reduzir falhas mecânicas que afetam peso                       | Setor de Manutenção                    | 90 dias          | Equipe de Manutenção         | Revisão e reestruturação do plano atual                                      | R\$ 0     |
| Criar relatório mensal de análise de peso              | Acompanhar tendências e melhorias                              | Qualidade e Produção                   | Todo mês         | Qualidade e Engenharia       | Geração automática de relatórios com dados coletados                         | R\$ 0     |

Fonte: Autoria própria (2025)

Todas as ações foram realizadas dentro do prazo para continuidade do projeto. Após a implementação das melhorias, foram coletados novos dados durante a produção durante três semanas consecutivas. Os resultados demonstraram uma redução significativa do sobrepeso dos biscoitos moldados. Para o peso cru, apresentado na Figura 23, apresentou uma melhoria nos índices de capacidade e capabilidade, obtendo como 1,26 de valor de Cpk e 1,80 de valor de Cp. Adicionalmente, o desvio padrão diminuiu para 0,08, indicando uma melhoria na estabilidade do processo em comparação com o valor anterior de 0,16.

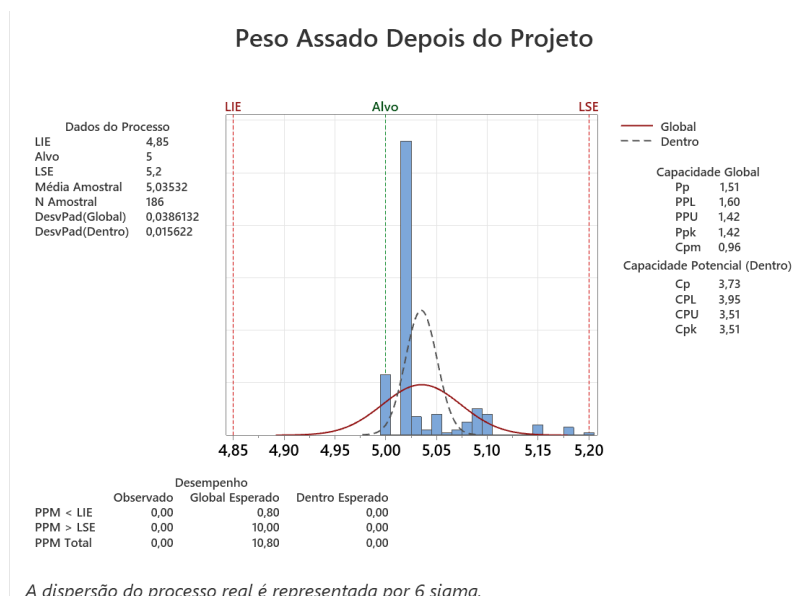
Figura 23 - Peso cru do biscoito unitário depois do projeto



Fonte: Adaptado de Minitab (2025)

Para o peso assado unitário, mudanças expressivas foram observadas. Na Figura 24, observa-se a performance do peso assado do biscoito unitário que apresentou como valores de Cpk de 3,51 e Cp de 3,73 e como valor médio de 5,03 e desvio padrão de 0,04. O que explicita um bom controle do processo e valor do peso próximo do alvo de 5.

Figura 24 - Peso assado do biscoito unitário depois do projeto

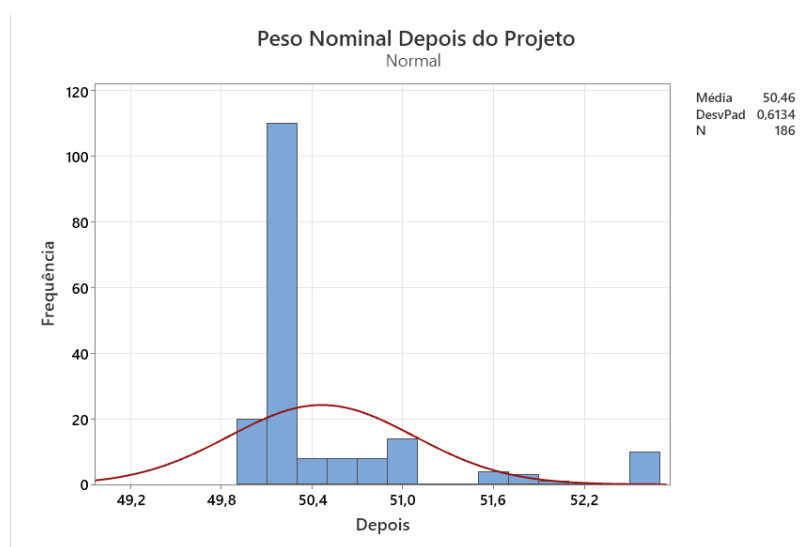


Fonte: Adaptado de Minitab (2025)

Para o peso nominal do biscoito, principal objetivo da execução do projeto, observou-se um média de 50,46g e desvio padrão de 0,6, conforme apresentado na Figura 24.

Com esses novos resultados, foi possível constatar uma redução de aproximadamente 89,15% no sobrepeso do produto final, passando de 8,48% antes da implementação do projeto para 0,92% após as ações corretivas. Esse dado evidencia a efetividade das melhorias aplicadas no processo produtivo.

Figura 25 - Histograma de peso nominal depois da implementação do projeto



Fonte: Adaptado de Minitab (2025)

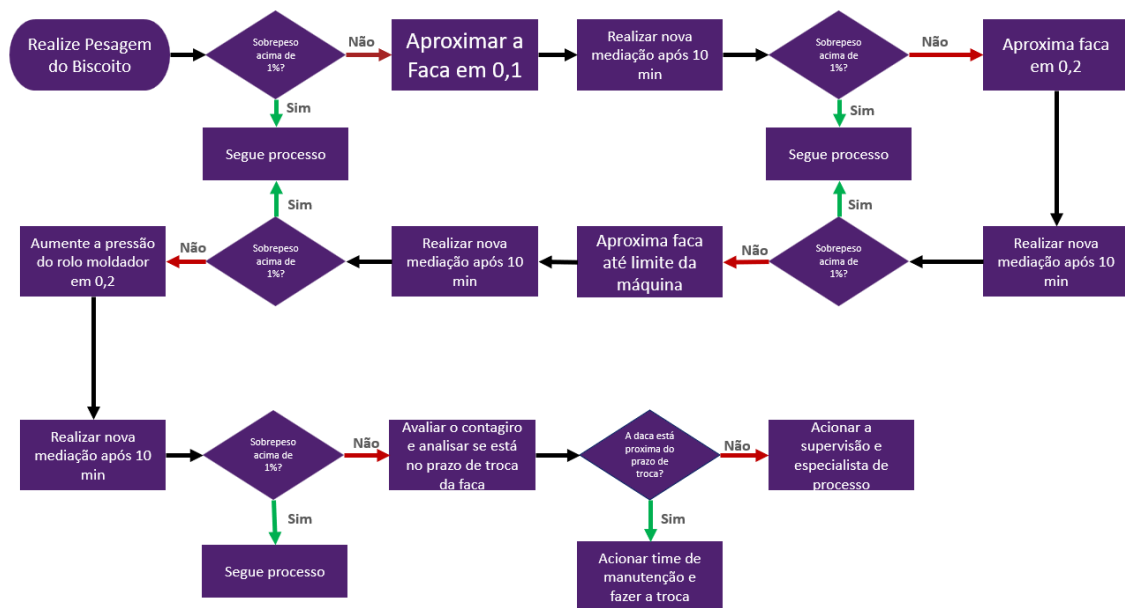
#### 4.5. Controlar (*Control*)

Após as melhorias serem realizadas na etapa anterior, a fase Controlar teve como intuito garantir que a redução do sobrepeso fosse sustentável e consistente ao longo do tempo. Para isso, foram implementadas as seguintes medidas de controle:

##### 4.5.1. Criação de um Procedimento Operacional Padrão (POP)

Para ocasiões que o sobrepeso supere o limite de 1% de sobrepeso, a operação foi instruída a aplicação do procedimento para o retorno das condições estabelecidas após a aplicação do projeto. O treinamento da equipe operacional foi realizado com base no procedimento padrão de operação (POP) ilustrado na Figura 26.

Figura 26 - Processo de correção do peso do biscoito assado

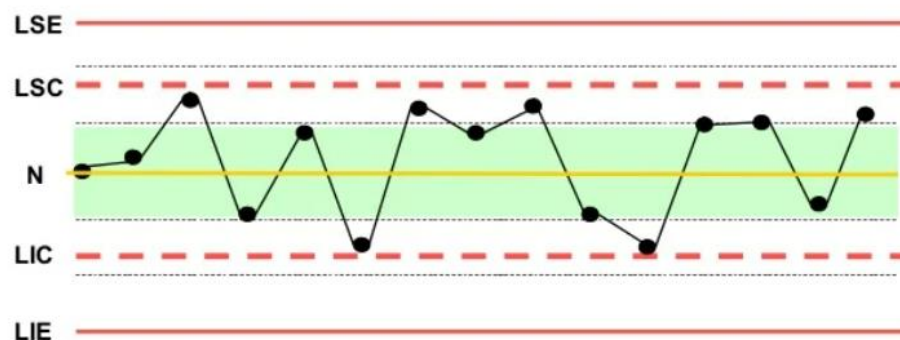


Fonte: Autoria própria (2025)

#### 4.5.2. Criação dos limites de controle

Para maior controle do time diante das variações de peso, foram criados gráficos de controle, encontrados na Figura 27, para o peso cru e peso assado, ambos para os biscoitos unitários, para que tenha uma maior previsibilidade dos pesos e conseguir controlar melhor o peso durante a produção. O exemplo abaixo ilustra os gráficos, que foram omitidos por motivos de sigilo.

Figura 27- Exemplo de gráfico de controle usado na produção



Fonte: Rodrigues (2012)

Onde LSE representa o Limite Superior de Especificação; LSC, o Limite Superior de Controle; N, o valor-alvo; LIC, o Limite Inferior de Controle; e LIE, o Limite Inferior de Especificação. Os limites de controle, superior e inferior, são determinados conforme as expressões apresentadas nas Equação 5 e 6, respectivamente. Esses limites foram calculados com base no desvio padrão máximo admissível, de forma que os índices de capacidade do processo não fiquem abaixo de 1,33.

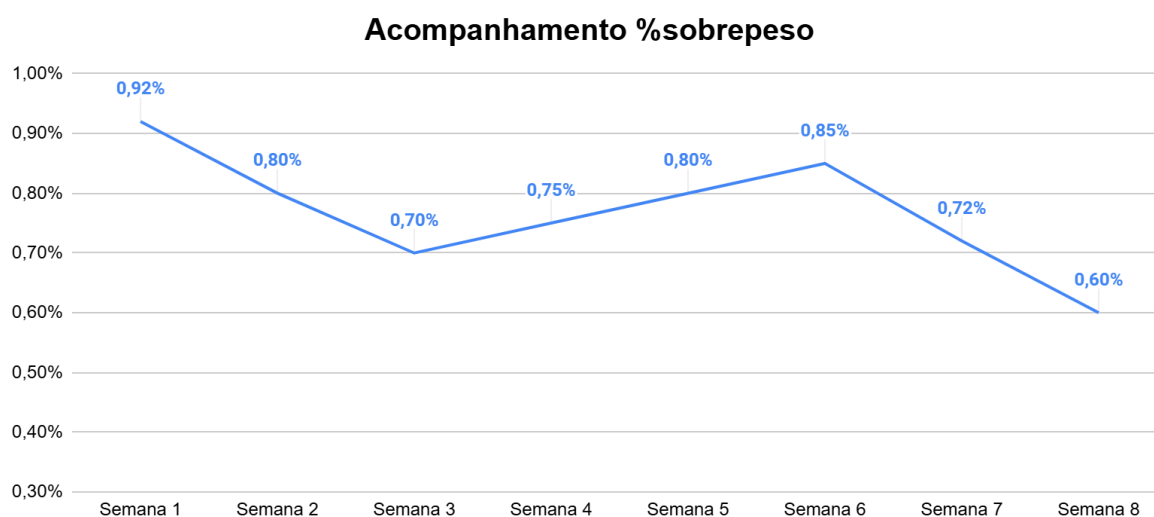
$$LSC = \bar{x} + 3\sigma \quad (5)$$

$$LIC = \bar{x} - 3\sigma \quad (6)$$

Com as medidas de controle implementadas para garantir a sustentabilidade dos resultados, as produções foram acompanhadas ao longo de 8 semanas, com o objetivo de verificar a efetividade e estabilidade do processo após as melhorias.

Os resultados desse monitoramento podem ser observados na Figura 28, que apresenta o comportamento do processo durante esse período, evidenciando o sobrepeso abaixo dos 1%.

Figura 28 - Acompanhamento do sobrepeso durante 8 semanas



Fonte: Autoria própria ( 2025)

## **5. CONCLUSÃO**

A aplicação da metodologia DMAIC no processo produtivo de biscoitos moldados possibilitou uma análise robusta das principais causas do sobrepeso observadas durante a fabricação. Com um diagnóstico preciso, foi possível formular medidas corretivas eficazes, especialmente no ajuste e padronização da moldadora rotativa, equipamento-chave na determinação do peso do produto final.

Os resultados obtidos demonstram a eficácia das melhorias implementadas: o sobrepeso do produto final foi reduzido em aproximadamente 89,15%, passando de 8,48% para 0,92%. Além disso, os índices de capacidade e capabilidade do processo apresentaram significativa evolução, indicando maior estabilidade, previsibilidade e aderência aos limites estabelecidos.

A consolidação dessas melhorias foi garantida por meio da implementação de medidas de controle robustas, como a criação de procedimentos operacionais padrão e o uso sistemático de gráficos de controle. O monitoramento contínuo realizado ao longo de oito semanas evidenciou a manutenção dos resultados e a sustentabilidade do novo padrão de desempenho.

Dessa forma, o projeto cumpriu seu objetivo principal, contribuindo para a padronização do processo, a redução de desperdícios e o aumento da competitividade da empresa, além de servir como modelo para a aplicação de metodologias de melhoria contínua em outros processos produtivos da organização.

## 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. A. de; FERREIRA, M. S. F.; LIMA, A. C. S. de. ***Tecnologia de alimentos: fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos***. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

ALURA. O que é um histograma?. 2021. Disponível em: [https://www.alura.com.br/artigos/o-que-e-um-histograma?srsId=AfmBOor\\_UXDUGARtRDVII7Ea63BKKdfJisZoW-U7YD\\_CILXLfZ\\_FcSKG](https://www.alura.com.br/artigos/o-que-e-um-histograma?srsId=AfmBOor_UXDUGARtRDVII7Ea63BKKdfJisZoW-U7YD_CILXLfZ_FcSKG)

ANDRIETTA, S. R.; MIGUEL, P. A. C. ***Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos***. São Paulo: Atlas, 2007.

BERTOLINO, S. R.; BRAGA, C. T. ***Panificação e confeitaria: ciência e tecnologia***. São Paulo: Editora SENAI, 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. *Portaria nº 249, de 18 de julho de 2008. Regulamento técnico metrológico que estabelece os critérios para a verificação do conteúdo líquido de produtos pré-medidos*.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). ***Resolução Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005***. Dispõe sobre o regulamento técnico para biscoitos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2005.

BUHLER GROUP. ***Meincke ConCool Cooling Conveyor***, [2023]. Disponível em: [https://www.buhlergroup.com/global/pt/products/meincke\\_concool\\_coolingconveyor.html](https://www.buhlergroup.com/global/pt/products/meincke_concool_coolingconveyor.html).

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. ***Gestão da qualidade: teoria e casos***. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

GEA. **Fornos Túnel para Panificação**. Disponível em: <https://www.gea.com/pt/products/bakery-equipment/bakery-tunnel-ovens/>.

GOLDEN BAKE - Industrial Automatic Biscuit Making Machinery Manufacturer. Dough Forming Machine. Disponível em: <https://www.foodsmachine.net/dough-forming-machine.html>.

GRANOTEC. ***Classificação dos biscoitos: formatos e processos***. Curitiba: Granotec, 2020.

GRANOTEC. **Manual técnico: farinhas e ingredientes para panificação**. Curitiba: Granotec do Brasil, 2000.

DAVIDSON, R. L. **Food quality assurance: principles and practices**. 2. ed. New York: Springer, 2018.

JURAN, J. M.; DE FEO, J. A. **Juran na liderança pela qualidade: um guia para executivos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2010.

KEEPS. Diagrama de Ishikawa: o que é e como desenvolver?. 2021 Disponível em: <https://keeps.com.br/diagrama-de-ishikawa-o-que-e-e-como-desenvolver/>.

MACHADO, Simone. **Gestão da Qualidade**. Inhumas/GO: e-Tec Brasil, 201

MARCELINO, L. F.; MARCELINO, S. A. **Indústria de biscoitos: processos e tecnologias**. 2. ed. São Paulo: Livros Técnicos, 2012.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

MOREIRA, D. A.; MARTINS, P. G.; PAMPOLINI, R. **Estatística aplicada à administração, economia e contabilidade**. São Paulo: Atlas, 2004.

NICOLETTI JR., J. **Lean Seis Sigma descomplicado: qualidade e produtividade com foco em resultados**. São Paulo: Atlas, 2022.

OLIVEIRA, R. C. de. **Lean Six Sigma na prática: aplicação em indústrias de alimentos**. *Revista Gestão Industrial*, v. 19, n. 1, 2023.

PEERLESS. **Peerless Mixers – More Than Just Slice Bread**, 2015. Disponível em: <https://peerlessfood.com/>.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 1980.

RASIS, Y. **Seis Sigma: como usar a estatística a favor da qualidade**. São Paulo: QualityMark, 2002.

RODRIGUES, M. A. **Gestão da qualidade em processos industriais**. São Paulo: Atlas, 2012.

ROTONDARO, R. G. et al. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

SHAH, R.; KUMAR, A.; PATEL, P. **Application of Lean Six Sigma methodology in food industry for process improvement**. *International Journal of Food Engineering*, v. 19, n. 2, p. 45–58, 2023.

SILVA, G. A. da; FREITAS, F. A. P.; ALMEIDA, M. L. P. de. **Ingredientes na panificação: funções e aplicações tecnológicas**. *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 54, n. 2, p. 112-122, 2019.

SITEWARE. **Fluxograma de processos: o que é, para que serve e como criar um!**. 2023. Disponível em: <https://www.siteware.com.br/blog/processos/fluxograma-de-processos/>

SOUZA, C. A.; LIMA, J. V. **Ciência dos alimentos: fundamentos e aplicações práticas**. Campinas: Editora Unicamp, 2022.

TECHQUALITYPEDIA. **Six Sigma**. 2022. Disponível em: <https://techqualitypedia.com/six-sigma/>.

TELES, Jhonata. Diagrama de Pareto na manutenção: Uma ferramenta poderosa! Disponível em: <https://engeteles.com.br/diagrama-de-pareto-na-manutenção/>

TORMINATO, A. L. **Controle estatístico de processo: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Senac, 2004.

VIEIRA, S. **Indicadores da qualidade e produtividade industrial**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1999.

VOITTO. **8 Desperdícios Lean: O que são, quais são, exemplos e como evitar!**. 2024. Disponível em: [https://voitto.com.br/blog/artigo/8-desperdicios-lean?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=21203959170&gclid=EAlalQobChMlivjwjISJjwMVaWFIAB0vyzEJEAAYASAAEgLesvD\\_BwE](https://voitto.com.br/blog/artigo/8-desperdicios-lean?gad_source=1&gad_campaignid=21203959170&gclid=EAlalQobChMlivjwjISJjwMVaWFIAB0vyzEJEAAYASAAEgLesvD_BwE).

WERKEMA, C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 2004.

WERKEMA, C. **DMAIC: metodologia para a melhoria de processos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WERKEMA, C. **Ferramentas da qualidade e estatística**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

WERKEMA, C. **Ferramentas da qualidade e gestão de processos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

WERKEMA, C. **Six Sigma: estratégias gerenciais para melhoria de processos**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. ***A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.*** 10. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.