



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

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAINNÃ DA CRUZ CAITANO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS NA
FABRICAÇÃO DE BISCOITO RECHEADO**

Recife
2024

CAINNÃ DA CRUZ CAITANO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS NA
FABRICAÇÃO DE BISCOITO RECHEADO**

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

Orientador: Sérgio Lucena

Recife

2024

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

Caitano, Cainnã da Cruz.

Aplicação da metodologia DMAIC para redução de perdas na fabricação de biscoito recheado / Cainnã da Cruz Caitano. - Recife, 2024.

44p. : il., tab.

Orientador(a): Sérgio Lucena

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Alimentos - Bacharelado, 2024.

Inclui referências.

1. Biscoito. 2. DMAIC. 3. Sobrepeso. 4. Melhoria. 5. Ferramentas. I. Lucena, Sérgio. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

CAINNÃ DA CRUZ CAITANO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS
NA FABRICAÇÃO DE BISCOITO RECHEADO**

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

Aprovado em: 25/03/2024

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
SERGIO LUCENA
Data: 05/12/2024 17:34:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sérgio Lucena (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco



Documento assinado digitalmente
DANIELLA CARLA NAPOLEAO
Data: 04/12/2024 14:27:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Daniella Carla Napoleão (Examinador
Interno) Universidade Federal de Pernambuco



Documento assinado digitalmente
RAFAEL ARAUJO MELO
Data: 05/12/2024 19:18:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Dr. Rafael Araújo Melo (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas e entidades que tornaram possível a realização deste trabalho. Agradeço profundamente a minha família e amigos por todo apoio e suporte emocional durante minha jornada de aprendizado.

Gostaria de agradecer à empresa onde trabalho por me dar a oportunidade de realizar meu projeto de melhoria e compartilhá-lo através do presente trabalho. Agradeço também ao meu orientador Sérgio Lucena por todos os conselhos e orientações.

Além disso, quero expressar minha sincera gratidão aos colegas do curso e do trabalho pelas contribuições, insights e disposição para compartilhar aprendizados que foram fundamentais para o meu desenvolvimento e crescimento profissional.

Por fim, deixo meu agradecimento à Universidade Federal de Pernambuco, ao Departamento de Engenharia Química e a todos os professores pelos ensinamentos e contribuição na minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

A indústria de snacks vem apresentando um crescimento significativo no mercado nacional e internacional, tendo como um dos destaques o ramo de biscoitos. Por se tratar de um alimento prático, saboroso e acessível, o biscoito está presente na alimentação de grande parte da população, sendo consumido por pessoas de diferentes gêneros e faixas etárias. Dessa forma, as empresas do ramo buscam constantemente o aumento da qualidade dos seus produtos e a otimização dos processos através de metodologias que auxiliam na redução de perdas e na melhoria da performance, tendo em vista a necessidade de manter a competitividade no mercado. O *Lean Six Sigma* é uma filosofia robusta que se destaca pela sua aplicação simples, prática e com foco na redução de variabilidade do processo e eliminação de desperdícios por meio da metodologia DMAIC. Composto por etapas sistemáticas, o DMAIC foi aplicado no presente trabalho juntamente com ferramentas da qualidade e de gestão com o objetivo de reduzir perdas na produção de biscoito recheado devido ao sobrepeso. Logo, foram diagnosticados os pontos de oportunidade através da verificação de índices de capacidade e mapeamento do processo, possibilitando a elaboração e execução de ações de melhorias para sanar o problema, bem como a implementação de ferramentas para padronizar e manter os resultados obtidos. A princípio, foi estipulado como meta uma redução de 60% do sobrepeso da casquinha, componente responsável pelo sobrepeso do produto acabado, e melhoria dos índices de capacidade do processo. Porém, ao final da execução da metodologia DMAIC atingiu-se uma redução de 83,33% do sobrepeso, resultando em um ganho de, aproximadamente, R\$700.000,00 e índice de capacidade acima de 1,33. Com isso, pode-se concluir a eficácia da aplicação do DMAIC, das ferramentas da qualidade e do Sistema de Gestão da Qualidade.

Palavras-chave: biscoito; DMAIC; sobrepeso; melhoria; ferramentas.

ABSTRACT

The snacks industry has been showing significant growth in the national and international market, with one of the highlights being the biscuit sector. Because it is a practical, tasty and affordable food, biscuits are present in the diet of a large part of the population, being consumed by people of different genders and age groups. Therefore, companies in the sector constantly seek to increase the quality of their products and optimize processes through methodologies that help reduce losses and improve performance, given the need to maintain competitiveness in the market. THE *Lean Six Sigma* is a robust philosophy that stands out for its simple, practical application and focus on reducing process variability and eliminating waste through the DMAIC methodology. Composed of systematic steps, DMAIC was applied in the present work together with quality and management tools with the aim of reducing losses in the production of stuffed biscuits due to overweight. Therefore, points of opportunity were diagnosed by checking capacity indices and mapping the process, enabling the elaboration and execution of improvement actions to resolve the problem, as well as the implementation of tools to standardize and maintain the results obtained. Initially, the goal was to reduce the excess weight of the cone by 60%, the component responsible for the excess weight of the finished product, and to improve the process capacity indices. However, at the end of the execution of the DMAIC methodology, a reduction of 83.33% in overweight was achieved, resulting in a gain of approximately R\$700,000.00 and capacity index above 1.33. With this, the effectiveness of the application of DMAIC, quality tools and the Quality Management System can be concluded.

Keywords: cookie; DMAIC; overweight; improvement; tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Fluxograma do processo de fabricação do biscoito recheado	17
Figura 2 –	Histograma de peso do produto acabado	29
Figura 3 –	Capacidade do processo da casquinha crua e assada	31
Figura 4 –	Fluxograma detalhado da produção de biscoito recheado	32
Figura 5 –	Diagrama de Ishikawa para redução do sobrepeso	33
Figura 6 –	Modelo de funcionamento de uma moldadora rotativa	34
Figura 7 –	Média de peso e capacidade do processo após execução das melhorias	36
Figura 8 –	Cartas de controle para peso da casquinha crua e forneada	37
Figura 9 –	Procedimento Operacional Padrão para moldadora	38
Figura 10 –	Procedimento Operacional Padrão para forno	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Níveis de Qualidade do Six Sigma	20
Tabela 2 –	Especificação de peso da casquinha e do recheio	30
Tabela 3 –	Média de peso do recheio e peso da casquinha durante 30 dias de produção	30
Tabela 4 –	Plano de ação 5W2H para redução do sobrepeso da casquinha	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Perguntas direcionadoras do 5W2H	25
------------	----------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
ABIMAPI	Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
USL	<i>Upper Specification Limit</i>
LSL	<i>Lower Specification Limit</i>
5W2H	<i>What, Who, Where, When, Why, How, How Much</i>
POP	Procedimento Operacional Padrão
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSE	Limite Superior de Especificação
LIC	Limite Inferior de Controle
LSC	Limite Superior de Controle

LISTA DE SÍMBOLOS

σ	Sigma	g^2
μ	Mi	g
T	Valor nominal da especificação	g
n	Número de dados	-
X_{ij}	Valor dos dados do processo	g

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	INDÚSTRIA DE BISCOITOS NO BRASIL	16
2.2	FABRICAÇÃO DE BISCOITO RECHEADO	17
2.3	<i>LEAN SIX SIGMA</i>	18
2.3.1	<i>Lean Manufacturing</i>	19
2.3.2	<i>Six Sigma</i>	19
2.3.3	Metodologia DMAIC	20
2.4	CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO	21
2.4.1	Capacidade de Processo	21
2.5	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	22
2.5.1	Histograma	23
2.5.2	Diagrama de Ishikawa	23
2.5.3	Gráfico de Controle	23
2.6	GESTÃO DA QUALIDADE	24
2.6.1	Fluxograma	24
2.6.2	<i>Brainstorming</i>	24
2.6.3	5W2H	24
2.6.4	Procedimento Operacional Padrão	25
3	METODOLOGIA	26
3.1	IDENTIFICAÇÃO DA PERDA	26
3.2	ETAPAS DA PESQUISA	26
3.2.1	Definir	27
3.2.2	Medir	27
3.2.3	Analisar	27
3.2.4	Melhorar	28
3.2.5	Controlar	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	IDENTIFICAÇÃO DA PERDA	29
4.2	ETAPAS IMPLEMENTADAS DO DMAIC	30
4.2.1	Definir	30

4.2.2	Medir	31
4.2.3	Analisar	32
4.2.4	Melhorar	35
4.2.5	Controlar	36
5	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Com a busca pelo consumo de alimentos práticos, rápidos e de qualidade, o mercado de snacks tem crescido de forma significativa, tendo como um dos destaques a indústria de biscoitos. Foi estimado um crescimento de 3% a 5% do volume da produção de biscoito em 2023 em relação ao ano de 2022 (Ruiz, 2023) por se tratar de um alimento versátil, saboroso e de ampla variedade que pode ser consumido entre refeições, por consumidores de diversas faixas etárias e características diferentes.

A produção de biscoitos recheados pode ser dividida em etapas. Inicialmente, as matérias-primas, previamente selecionadas e inspecionadas, são fracionadas para a confecção da massa e do recheio do produto. A massa crua segue para a moldagem para que as casquinhas adquiram o peso, altura e formato corretos antes de irem ao forno, onde são submetidas à elevadas temperaturas para perda de umidade, desenvolvimento do dimensional e melhoramento da cor, possibilitando a obtenção da casquinha assada com as características sensoriais desejadas. Depois do forno, as casquinhas são recheadas formando o sanduíche que, antes de ser embalado, passa por um túnel de resfriamento para garantir a cristalização e firmeza do recheio. Por fim, após embalar os sanduíches em envoltórios primários e secundários, obtém-se o produto acabado, que é armazenado em local apropriado antes de ser expedido para o mercado.

Assim como qualquer outra indústria, durante a produção de biscoitos recheados ocorrem perdas ao longo do processo que precisam ser minimizadas para que a organização possa obter sucesso financeiro através da produção de produtos de qualidade com menor custo. Em uma indústria de biscoitos localizada em Pernambuco, foram realizadas análises quantitativas no produto semiacabado ao longo das etapas de fabricação para verificar a conformidade com as especificações de umidade, dimensional e peso. Dessa forma, foi diagnosticada a perda na produção devido ao sobrepeso, acarretando o maior gasto de fabricação.

Então, viu-se a necessidade de implementar melhorias para mitigar o problema encontrado, tendo sido escolhida a metodologia DMAIC para solucionar esse caso. O DMAIC é um método importante para traçar estratégias de otimização de processos nas organizações, visto que tem grande foco na melhoria contínua, gestão da qualidade e redução da variabilidade, das perdas e da geração de

defeitos por meio da aplicação de cinco etapas: definir, medir, analisar, melhorar e controlar (Ramos *et al*, 2014).

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo a redução do sobrepeso na produção de biscoito recheado para minimizar a perda de produção, tendo como base a metodologia DMAIC para estruturação de ações de otimização do processo e melhoria do índice de capacidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo abordar os conceitos históricos e teóricos que foram usados como base na execução do projeto, contribuindo para o enriquecimento do trabalho. Os tópicos usados como fundamentação estão relacionados com o contexto histórico, fabricação do produto, metodologia de otimização de processo, controle estatístico e ferramentas da qualidade e gestão.

2.1 INDÚSTRIA DE BISCOITOS NO BRASIL

Há indícios de que a origem do biscoito vem do período paleolítico quando os homens das cavernas tiveram a ideia de moer os grãos em pedras, misturá-los em água e secar a mistura para otimizar a conservação. Anos depois, os romanos foram os responsáveis por atribuir a característica crocante aos biscoitos através da implementação de fornos durante o preparo. Já a variedade de sabores teve início durante a invasão da Península Ibérica graças as habilidades dos árabes em misturar diferentes especiarias. Ademais, em meados do século XVII, o biscoito se espalhou pela Europa, sendo a Inglaterra o maior produtor e responsável por exportar os produtos para as suas colônias, incluindo os Estados Unidos da América, contribuindo para que o biscoito se torna-se o que é atualmente (Carrasco, 2016).

Segundo a Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS), mais de 29 bilhões de reais foram movimentados com a venda de biscoitos em 2022, apresentando forte tendência de crescimento para os próximos anos. No Brasil, é estimado que 80% dos adultos de todas as idades consomem algum tipo de biscoito, principalmente como lanches rápidos no ambiente de trabalho (Ruiz, 2023).

Em 2021, o Brasil teve um crescimento de 15,2% nas exportações de biscoitos no primeiro semestre do ano, sendo um dos maiores fornecedores globais com mais de 30 variedades de produtos (EXAME, 2021). Além disso, de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI), o setor de biscoitos, massas e pães apresentou um faturamento de R\$ 50,4 bilhões em 2021, 13% a mais do valor faturado no ano anterior, representando um volume de 4,8 milhões de toneladas vendidas.

No Brasil, o biscoito é um alimento que está presente em 99,7% das casas por ser um alimento versátil, sendo a região Sudeste o local com maior índice de consumo (Ruiz, 2023).

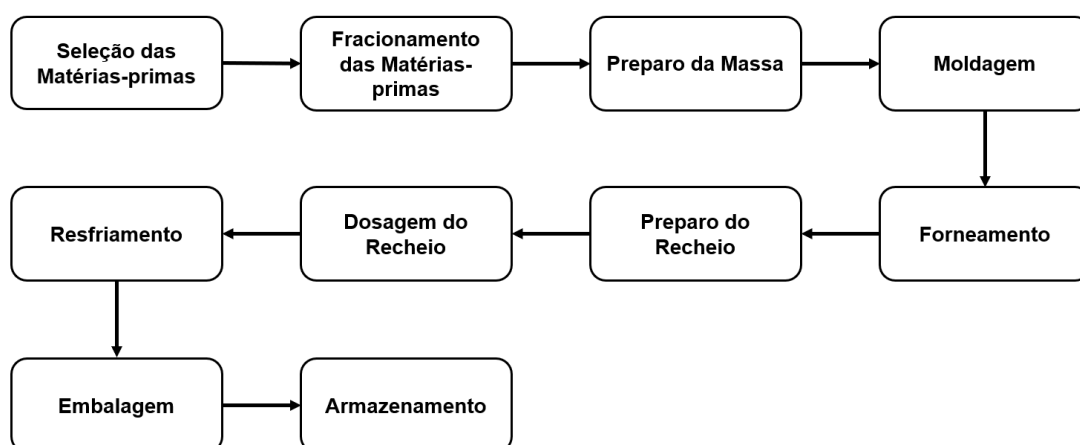
2.2 FABRICAÇÃO DE BISCOITO RECHEADO

Com o aumento da demanda por snacks, as empresas do ramo de biscoitos se dedicam cada vez mais para entregar produtos de qualidade e de maior variedade e custo-benefício para os consumidores, buscando manter a competitividade no mercado. De acordo com a Resolução nº 263, de 2005, da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA):

Biscoitos ou bolachas são os produtos obtidos pela mistura de farinhas, amidos e ou féculas com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não e que podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos.

A produção de biscoito recheado é composta por 10 etapas, que vão desde a seleção das matérias-primas até o armazenamento do produto acabado (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma do processo de fabricação do biscoito recheado



Fonte: a autora (2024)

Na Figura 1, a primeira etapa consiste na seleção das matérias-primas, sendo primordial para assegurar a segurança do produto e sua conformidade com as especificações. Já no fracionamento, são separadas as quantidades dos micros

ingredientes com o objetivo de otimizar a produção e evitar erros de dosagem. Em seguida, o preparo da massa é realizada na masseira, onde são dosados os micros e macros ingredientes de acordo com a sequência de adição, tempo e velocidade de batimento descritos na instrução de trabalho. Na etapa de moldagem, a massa passa pela moldadora para receber o tamanho, formato e impressão adequados para ir ao forno, onde as casquinhas são assadas para ganhar o peso, o dimensional, a cor e a textura especificadas para o produto. Assim como na confecção da massa, durante o preparo do recheio também são adicionados os micros e macros ingredientes, respeitando a ordem de adição e os tempos de batimento. Com o recheio pronto, este é transferido para a recheadora para ser dosado nas casquinhas antes da etapa de resfriamento, que é responsável por cristalizar o recheio e conferir sua textura final. Por fim, o biscoito recheado é embalado em envoltórios pré-selecionados de acordo com a especificação do filme e armazenados até sua expedição.

O entendimento prévio do processo é importante para otimizar a aplicação do DMAIC inserido no *Lean Six Sigma*.

2.3 LEAN SIX SIGMA

O *lean six sigma* é uma metodologia formada pela combinação do *lean manufacturing* e *six sigma*, duas filosofias usadas para melhoria e gestão da qualidade de processos. Na metodologia *lean manufacturing*, o principal objetivo é a eliminação de perdas e defeitos durante os processos através da execução de ações estratégicas que buscam melhorar a performance, qualidade, satisfação dos clientes e custos (Ferreira *et al*, 2018). Enquanto, o *six sigma* foca no mapeamento do processo e análises estatísticas para reduzir a variabilidade da qualidade do bem ou serviço. Dessa forma, por meio do *lean six sigma* é possível otimizar processos, aumentando a velocidade e minimizando as perdas, e reduzir a variação e geração de defeitos com base no controle estatístico (Bhat; Jnanesh, 2014).

No *lean six sigma*, é comumente aplicado nas resoluções de problemas o método DMAIC, que permite definir objetivos de melhoria alinhados à estratégia da organização, mapear processos, coletar dados, estruturar melhorias e controlar e padronizar resultados (Coutinho *et al*, 2018).

2.3.1 *Lean Manufacturing*

O *lean manufacturing* é um sistema de produção japonês que busca minimizar as perdas e reduzir custos dos processos. Desenvolvida pela empresa Toyota após a Segunda Guerra Mundial, a metodologia *lean* surgiu como uma solução para que a organização produzisse seus bens com a mesma eficiência da Ford, que na época era uma grande concorrente no mercado devido sua reduzida taxa de desperdício e menores custos de fabricação. Com isso, a filosofia lean traz a mentalidade de focar em atividades que agregam valor aos produtos e serviços na percepção dos clientes através de ações alinhadas à estratégia da organização, além de defender a importância de reduzir ou eliminar os sete tipos de desperdícios listados pela metodologia: excesso de inventário, espera, superprodução, processamento desnecessário, transporte excessivo, defeito e movimentação desnecessária (Ferreira, 2018).

Dessa forma, partindo da premissa que desperdícios geram custos, o lean manufacturing defende a importância de eliminá-los ou minimizá-los para ter maior produtividade, velocidade nos processos, redução de estoque e defeitos e melhor aproveitamento dos recursos financeiros (Maciel, 2011).

2.3.2 *Six Sigma*

O *six sigma* é uma metodologia com práticas sistemáticas criada na década de 80 pela Toyota para otimizar processos e reduzir defeitos. De acordo com a sua filosofia, os defeitos podem ser considerados como uma não conformidade dos produtos e serviços com as especificações internas ou externas e também ressalta a importância de as especificações estarem de acordo com as necessidades dos clientes (Ferreira *et al*, 2018).

O sigma (σ) representa o desvio padrão em relação à média do processo e quando aplicado permite a melhor gestão da variabilidade e menores custos com retrabalho e perdas. Com isso, o *six sigma* possibilita mensurar a capacidade de um processo em entregar 99,9997% de não conformidades durante a confecção de bens e serviços, ou seja, 3,4 defeitos por milhão (Tabela 1) (Trad; Maximiano, 2009).

Tabela 1 – Níveis de Qualidade do Six Sigma

Nível de Qualidade	Defeitos por milhão
1,5 Sigma	500.000
2 Sigma	308.537
3 Sigma	66.804
4 Sigma	6.210
5 Sigma	233
6 Sigma	3,4

Fonte: adaptado de Maximiano (2009)

Conhecido como a metodologia do novo século, o *six sigma* visa trazer como benefícios grande aumento da lucratividade e para isso destaca que a responsabilidade pelo seu sucesso deve ser desde a liderança até a operação (Trad; Maximiano, 2009).

2.3.3 Metodologia DMAIC

Ao adotar o Lean Six Sigma, comumente é aplicada a metodologia DMAIC, cujas letras da sigla representam etapas a serem executadas. O DMAIC trata-se de um roteiro com atividades sistemáticas em que cada uma deve ser concluída para dar início a próxima (Andrade, 2017).

Na etapa definir(D), é realizado o planejamento inicial do projeto listando o problema a ser solucionado ou os pontos de oportunidades que devem ser melhorados e todos os objetivos de forma clara e tangível. Na fase medir (M), é definido o sistema de medição e as coletas de dados que devem ser realizadas, possibilitando detectar os pontos de oportunidades. Na etapa analisar(A), os dados coletados são avaliados por meio de estudos estatísticos e/ou mapeamentos de processo visando encontrar a causa raiz do problema. Na etapa melhorar (I), são definidas e implementadas as soluções para reduzir ou eliminar falhas e variáveis indesejadas no processo. Por fim, a fase controlar (C) tem como objetivo validar as melhorias implementadas, os resultados positivos e instalar ferramentas de controle para que o problema não volte a acontecer (Maciel, 2011).

2.4 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

Um processo é a transformação de um conjunto de fatores de entrada, tais como matérias-primas, máquinas, parâmetros e métodos, em uma saída, podendo ser um produto semiacabado ou acabado. Logo, todo processo tem um grau de variabilidade dos produtos devido causas crônicas (inerentes ao processo) ou esporádicas (variações esporádicas, como matéria-prima contaminada, métodos inapropriados, dentre outras), resultando em produtos com características diferentes, mas que devem respeitar as especificações e não gerar impacto negativo na percepção dos clientes (Costa; Epprecht; Carpinetti, 2013).

Dessa forma, o controle estatístico de processo é uma das formas de monitorar o processo, possibilitando detectar e eliminar causas crônicas e esporádicas para minimizar a variabilidade do processo.

2.4.1 Capacidade de Processo

A gestão da capacidade de um processo em entregar um desempenho dentro das especificações exigidas é de suma importância para evitar a ocorrência de defeitos e pode ser realizada com base em índices de capacidade. Com isso, é possível representar e comparar a performance de processos complexos através de números calculados com base na estatística, nos quais destacam-se os índices C_p , C_{pk} (Bayeux, 2001). O C_p é um índice que considera a dispersão dos dados do processo com a dispersão da especificação (Equação 1).

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1)$$

Em que, LSE e LIE são os limites superior e inferior de especificação, respectivamente, e σ é o desvio padrão inerente ao processo, ou seja, a dispersão dos dados em relação uns aos outros e ao valor nominal da especificação (Bayeux, 2001). Logo, o C_p indica a capacidade do processo caso fossem eliminados os desvios que geram a descentralização dos dados e por isso é comumente utilizado para situações em que se tem oportunidades na dispersão dos dados.

O C_{pk} mostra a capacidade do processo em atender a especificação com base na localização e dispersão dos dados de forma unilateral (Equação 2).

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right) \quad (2)$$

Onde, μ é a média dos dados e quanto maior o índice, maior é o potencial do processo. Dessa forma, a aplicação do C_{pk} é recomendada para casos em que os dados estão deslocados para esquerda ou para direita de modo a ficar mais próximos do LIE e LSE, respectivamente (Bayeux, 2001).

Por fim, é importante ter clareza quanto a interpretação dos valores dos índices de capacidade do processo, tendo três classificações para o C_p e C_{pk} de acordo com a literatura: processo incapaz para valores menores que 1; processo razoavelmente aceitável para índices entre 1 e 1,33; e processo potencialmente capaz para resultados acima de 1,33 (Oliveira *et al*, 2011).

A análise dos dados feita por meio do controle estatístico permite selecionar de forma assertiva as ferramentas e métodos de gestão da qualidade a serem usados para mitigar o problema.

2.5. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

O conceito de qualidade é subjetivo e varia de acordo com o produto ou serviço e a percepção de cada cliente. A qualidade pode ser associada ao desempenho técnico e durabilidade, à conformidade do produto com as especificações, à satisfação dos clientes de terem suas expectativas atendidas e ao custo-benefício (Carpinetti, 2010). Cada vez mais, empresas buscam realizar atividades que assegurem a qualidade dos produtos para atender as necessidades dos consumidores e gerar uma imagem positiva. Logo, com base nos conceitos de qualidade, foram criadas ferramentas simples e práticas focadas na melhoria contínua que corroboram para redução de defeitos e resolução de problemas (Andrade, 2018).

As ferramentas da qualidade amplamente utilizadas são: folha de verificação, folha de estratificação, gráfico de pareto, histograma, diagrama de Ishikawa, diagrama de dispersão/correlação e gráfico de controle (Faesarella *et al*, 2006).

Neste estudo, algumas ferramentas de qualidade merecem destaque: histograma, diagrama de Ishikawa e gráfico de controle.

2.5.1 Histograma

O histograma é caracterizado por ser um gráfico constituído por barras verticais que representam a distribuição dos dados em um determinado momento do processo. Por meio desta ferramenta, pode-se analisar de forma simples as tendências de comportamentos e falhas de processos complexos. No histograma, os dados representados por barras devem ter a área proporcional ao número de observações e formar uma curva simétrica e com centralização próximo à média dos dados, cuja dispersão deve ser mínima (Andrade, 2018).

2.5.2 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, ou diagrama de causa e efeito, é uma ferramenta usada para correlacionar a causa de um problema com causas raízes e por essa razão é muito utilizada para identificação de falhas no processo e ações de melhoria (Andrade, 2018). Ele tem formato de uma espinha de peixe, em que cada espinho corresponde a uma categoria, tornando possível as análises das causas de forma simples e dinâmica. No meio produtivo, é comum assumir que a origem do problema está relacionada com os 6M's: método, máquina, mão de obra, meio ambiente, material e medição (Lélis, 2012).

2.5.3 Gráfico de Controle

O gráfico de controle, ou carta de controle, é amplamente utilizado para visualizar a variabilidade dos dados de um processo, possibilitando a identificação de variações normais e variações aleatórias, cuja esta última é resultado de causas crônicas e esporádicas que podem acarretar perdas e produtos com defeitos (Andrade, 2018). Além dos limites superior e inferior de especificação, o gráfico de controle também deve ser composto por limites inferior e superior de controle, que irão auxiliar na gestão do processo e verificação da estabilidade, sendo fundamental determinar a frequência e tamanho da amostragem de dados para assegurar o uso eficaz da ferramenta (Junior *et al*, 2011).

2.6 GESTÃO QUALIDADE

Trabalhar em equipe e realizar a gestão das atividades de cada indivíduo são premissas que precisam ser atendidas para ter sucesso em um projeto, independente da área ou de sua magnitude. Logo, a aplicação das Ferramentas de Gestão permite organizar, descrever e monitorar as atividades de forma simples, designando funções e responsabilidades (Heldman, 2006).

A seguir, são apresentadas algumas das metodologias de gestão da qualidade aplicadas no presente estudo.

2.6.1 Fluxograma

O fluxograma possibilita descrever cada etapa do processo de forma simples e concisa, permitindo que os colaboradores tenham uma visão clara de todo fluxo de transformação que leva à obtenção do produto acabado (Andrade, 2018). Segundo Campos (2004b), por meio do fluxograma é possível realizar uma gestão eficiente da qualidade e aumentar a produtividade, evitando perdas e solucionando problemas através da detecção das falhas.

2.6.2 *Brainstorming*

O *brainstorming* também é conhecido como tempestade de ideias por se tratar de uma técnica que auxilia no levantamento de ideias e melhorias para resolução de problemas (Bolsonello *et al*, 2023).

Publicado em 1953 e criado pelo escritor e publicitário Alex Faickney Osborn, o *brainstorming* deve seguir seis fundamentos para que seja corretamente aplicado em grupo: 1) focar na quantidade de ideias levantadas; 2) não fazer críticas; 3) incentivar ideias criativas; 4) unificar e melhorar ideias semelhantes; 5) colocar as ideias em prática; 6) fazer a gestão dos resultados (Osborn, 1987).

2.6.3 5W2H

O 5W2H foi criado pela indústria automobilística japonesa e que tem como objetivo estruturar planejamentos de atividades de forma organizada e lógica. Por

meio dessa ferramenta, é possível listar ações de forma simples e objetiva, realizar a gestão da rotina da organização e definir responsáveis para cada atividade de modo que todos entendam facilmente suas funções (Grosbell, 2024).

O 5W2H é composto por 7 perguntas direcionadoras que auxiliam a descrever as ações de maneira lógica: o quê, por que, onde, quem, quando, como e quando custa (Quadro 3).

Quadro 1 – Perguntas direcionadoras do 5W2H

O QUÊ?	POR QUE?	ONDE?	QUEM?	QUANDO?	COMO?	QUANTO CUSTA?
Descrição da ação	O propósito que levou a ação ser criada	Onde a ação será executada?	Quem irá executar a ação?	Quando a execução será concluída?	Como a ação deve ser feita?	Qual o investimento para realizar a ação?

Fonte: a autora (2024)

No Quadro 1, as perguntas permitem a construção de um plano robusto, completo e de fácil entendimento, tornando a execução e gestão das atividades mais eficaz. Além disso, é fundamental que seu preenchimento seja registrado em folha impressa, planilhas, e-mails ou adaptados em dispositivos online para facilitar seu acesso a todos os membros da equipe (Melônio, 2023).

2.6.4 Procedimento Operacional Padrão

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é um documento usado para garantir a padronização e gestão da qualidade em um processo. Através do POP é possível descrever cada etapa do que deve ser executado em um processo, quais métodos e ferramentas devem ser usados, os responsáveis por cada atividade e como devem ser realizadas inspeções periódicas para prevenção de problemas (SEBRAE, 2023).

É necessário que o POP esteja disponibilizado junto de outros documentos instrutivos e que seja de fácil acesso e entendimento aos colaboradores da organização que colocarão eles em prática (SEBRAE, 2023).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em uma indústria pernambucana do ramo de biscoitos, nas quais foram utilizadas ferramentas da qualidade durante a execução das etapas do DMAIC. Esta metodologia foi escolhida para auxiliar na redução de perdas na produção.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DA PERDA

A perda foi identificada por meio de cálculos estatísticos da média e desvio padrão do processo utilizando o *software Minitab* e os dados obtidos por meio de análises de controle de qualidade realizadas ao longo do processo produtivo. Além disso, o estudo da média permitiu avaliar o sobrepeso do processo, conforme Equação 3, possibilitando a definição do problema prioritário que deveria ser solucionado.

$$\text{Sobrepeso} = \frac{(\mu - T)}{T} * 100\% \quad (3)$$

Em que, μ é a média dos dados e T é o valor nominal desejado, ambos em gramas.

3.2 ETAPAS IMPLEMENTADAS DO DMAIC

O DMAIC é dividido em cinco etapas que devem ser realizadas de acordo com a sequência definida pela metodologia. Neste trabalho, a execução ocorreu por meio da aplicação de ferramentas que auxiliaram na definição, medição, análise, melhoria e controle dos objetivos e soluções.

As ferramentas aplicadas durante as etapas do DMAIC foram escolhidas para auxiliar na execução e na obtenção dos seus objetivos, permitindo a aplicação da metodologia de forma sistêmica, objetiva e de fácil entendimento.

A seguir, é apresentado o detalhamento de cada etapa visando mostrar as atividades que foram realizadas.

3.3.1 Definir

A etapa Definir teve início com a determinação no componente do biscoito recheado de maior sobrepeso por meio da comparação da média dos dados das análises com o valor nominal da especificação, em que esta foi calculada usando o *software Minitab*. Isso permitiu definir o problema de maior impacto e que traria mais retorno quando solucionado para redução do sobrepeso do produto acabado. Através do percentual de sobrepeso (Equação 3) calculado com base na especificação do produto, também foi possível estabelecer uma meta tangível para redução da perda.

Por fim, com base nas prioridades e objetivo a ser atingido, foi formada uma equipe multidisciplinar com membros de áreas distintas da empresa para contribuir com a execução das ações.

3.3.2 Medir

Durante a etapa Medir, foi extraído o histórico das análises de peso registradas no banco de dados nos 6 meses anteriores ao início do estudo. Com isso, realizou-se a análise de capacidade do processo em entregar a especificação de peso utilizando o histograma projetado através do *software Minitab*. Com isso, foi possível ter uma visão quantitativa da performance do processo e das oportunidades de cada etapa da produção.

3.3.3 Analisar

Na etapa Analisar, foi realizado o mapeamento do processo produtivo visando encontrar possíveis causas do problema. Primeiramente, realizou-se um *brainstorming* com todos os membros da equipe para estruturar o fluxograma do processo e ter uma visão macro da produção. Para facilitar na construção, foram realizadas visitas na produção e a utilização do aplicativo *Lucidchart*. Em seguida, foi utilizado o diagrama de Ishikawa para listar todas as causas relacionadas aos 6M's que acarretavam o sobrepeso.

3.3.4 Melhorar

Tendo as causas dos problemas mapeados, deu-se início a elaboração do plano de ação por meio de um brainstorming. Para que as atividades fossem listadas de forma clara e objetiva foi aplicada a ferramenta 5W2H, facilitando a definição lógica das ações que deviam ser executadas para solucionar o problema, motivações, responsáveis, prazos, locais da execução, como executar e os custos.

3.3.5 Controlar

Na etapa Controlar, foram analisados os resultados obtidos com base nos dados registrados durante um mês após a implementação das ações. Dessa forma, comparou-se os índices de capacidade de processo e a média dos dados antes e depois da execução das melhorias.

Por fim, para manter as melhorias e evitar que o problema voltasse a ocorrer, foram implementadas cartas de controle no sistema de apontamento para que os colaboradores pudessem realizar a autogestão do sobrepeso, juntamente com os POP's nos postos de trabalho para instruir sobre as ações corretivas a serem realizadas.

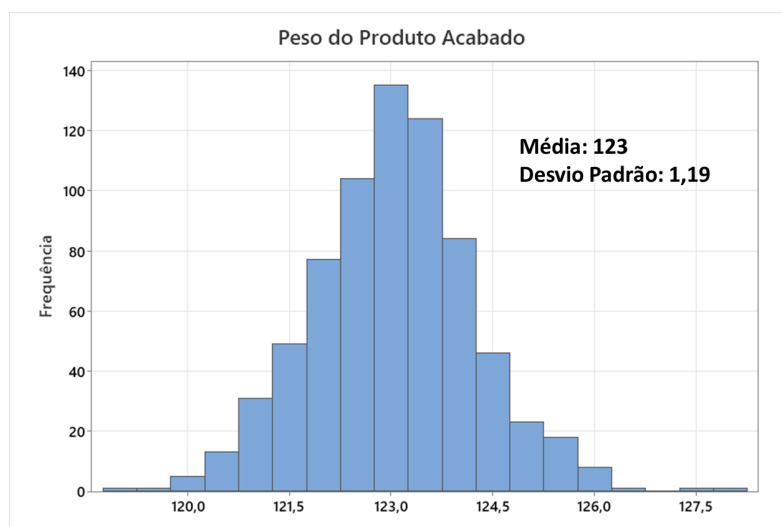
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente tópico, são apresentados os resultados do estudo de caso, bem como todas as etapas da metodologia DMAIC, ações e melhorias executadas.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DA PERDA

O estudo de caso foi realizado em uma indústria do ramo de biscoitos localizada em Pernambuco, que produz mais de 420 toneladas de biscoito recheado por semana. Ao longo da produção do biscoito recheado, são realizadas análises de umidade, dimensional e peso dos componentes do produto com o objetivo de garantir o controle de qualidade e um produto acabado conforme padrão exigido. O peso nominal do produto acabado segundo especificação é de 120 g, sendo um parâmetro que deve ser controlado para garantir que o produto tenha o peso que é descrito na embalagem. Entretanto, foi observado uma média de peso de 123 g do produto acabado em análises realizadas durante um mês de produção (Figura 4).

Figura 2 – Histograma de peso do produto acabado



Fonte: a autora (2024)

Os valores apresentados na Figura 4 foram calculados utilizando o *software Minitab*, possibilitando a visualização da média dos dados e a alta variabilidade (desvio padrão: 1,19). Dessa forma, constatou-se a perda do processo vinculada a um sobrepeso de 2,5%.

4.2 ETAPAS IMPLEMENTADAS DO DMAIC

4.2.1 Definir

A unidade do biscoito recheado deve possuir um peso unitário de 12 g, sendo composto por 70% de casquinha e 30% de recheio, ou seja, 2 unidades da casquinha devem ter entre 7,9 g e 8,9 g e o recheio um peso entre 3,1 g e 4,1 g (Tabela 2).

Tabela 2 - Especificação de peso da casquinha e do recheio

Componente	Limite Inferior (g)	Valor Nominal (Alvo) (g)	Limite Superior (g)
Casquinha	7,9	8,4	8,9
Recheio	3,1	3,6	4,1

Fonte: a autora (2024)

Ao calcular a média dos dados de peso do recheio e da casquinha com base no histórico de 30 dias de produção, foi observado uma média de 3,5984 g para o peso do recheio, um resultado muito próximo ao valor nominal desejado descrito na especificação, e um peso médio de 8,7005 g para a casquinha (Tabela 3).

Tabela 3 – Média de peso do recheio e peso da casquinha durante 30 dias de produção

Variável	Média (g)	Desvio Padrão (g ²)	Mínimo (g)	Máximo (g)
Peso Casquinha	8,7005	0,1006	8,3717	9,0801
Peso Recheio	3,5984	0,1015	3,2697	3,9944

Fonte: adaptada *software Minitab*

Logo, constatou-se um sobrepeso de 3,6% na casquinha, parâmetro chave para resolução do problema, tendo sido estabelecida uma meta tangível de redução de 60% do sobrepeso deste componente e C_{pk} maior que 1,33.

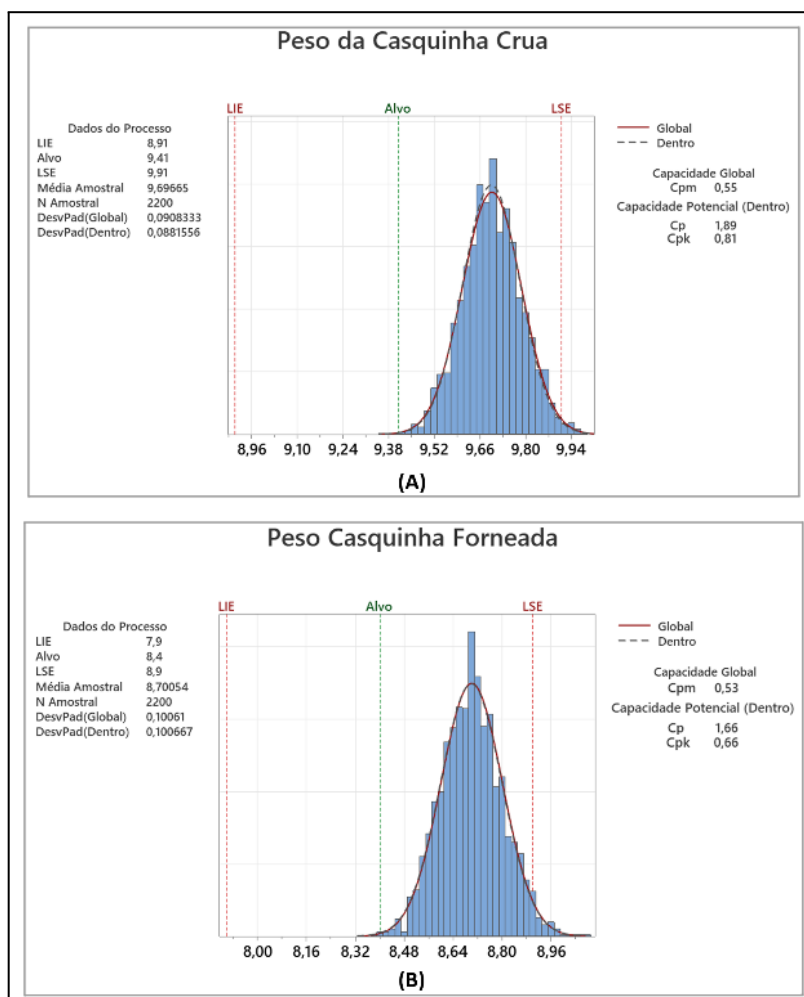
Por fim, foram selecionados profissionais de diferentes áreas da indústria para compor a equipe do projeto e auxiliar na execução das ações. Estes profissionais foram: especialista de processo, supervisor de produção, técnico

mecânico e técnico de qualidade. Após, deu-se andamento às próximas etapas de implementação do DMAIC.

4.2.2 Medir

Com extração do histórico de peso de casquinha medidos ao longo da produção de 6 meses, foi calculado o C_{pk} da casquinha crua, cuja especificação de peso é entre 8,91 g e 9,91 g para 2 unidades, e da casquinha forneada, com intervalo descrito da Tabela 2, para verificar a performance da produção e capturar pontos de oportunidade (Figura 3).

Figura 3 – Capacidade do processo da casquinha crua e assada



Fonte: a autora (2024)

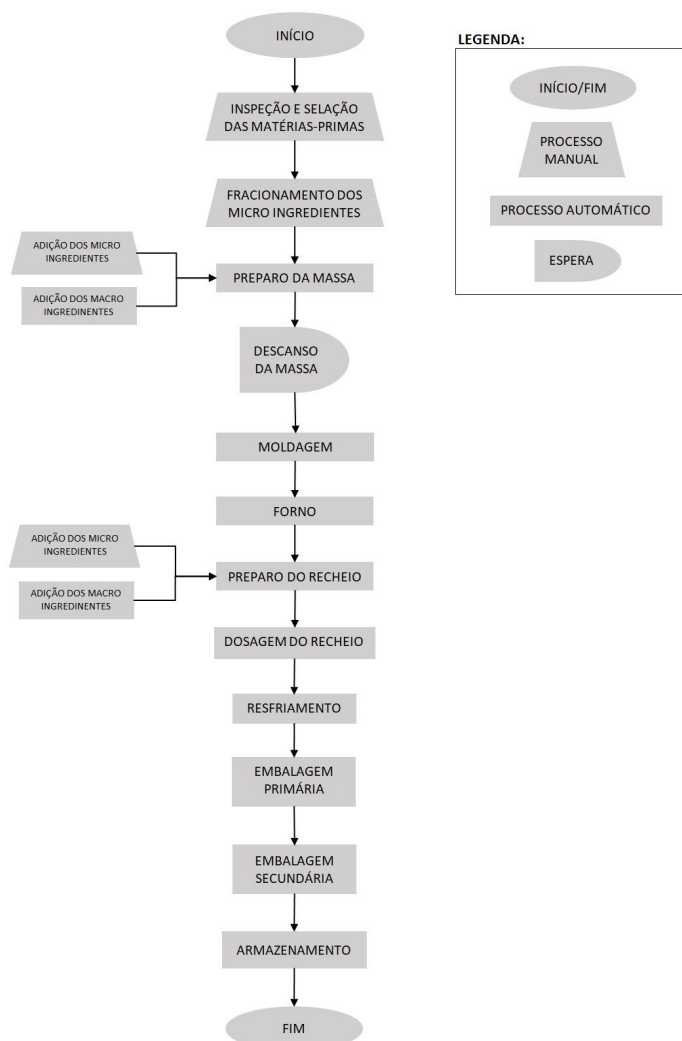
Na Figura 3, foi observado que o sobrepeso da casquinha tem início desde a etapa de moldagem da massa e que a perda de umidade durante o forneamento não

é o suficiente para reduzir o peso e fazer com que os dados fiquem próximos ao valor nominal da especificação. Ademais, constatou-se que a tendência de peso acima do valor nominal ocorre de forma controlada, visto que os desvios padrão do peso da casquinha crua e assada são pequenos. Já o C_{pk} apresentou valores menores que 1,33 nos dois cenários, pois houve dados acima do limite superior de especificação.

4.2.3 Analisar

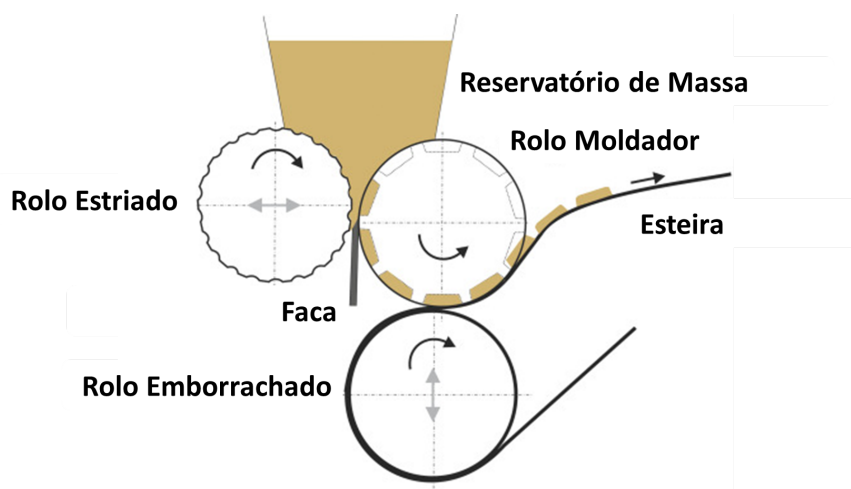
Com base no brainstorming realizado com os membros da equipe e nas visitas à linha de produção, foi estruturado o fluxograma do processo produtivo do biscoito recheado (Figura 4).

Figura 4 – Fluxograma detalhado da produção de biscoito recheado



Fonte: a autora (2024)

Figura 6 – Modelo de funcionamento de uma moldadora rotativa



Fonte: adaptada de Davidson (2018)

Conforme pode ser observado na Figura 6, o rolo estriado recebe a massa que vem de reservatório e a transporta para o rolo moldador para que as casquinhas sejam moldadoras de acordo com o peso, dimensional e impressão adequadas. O rolo emborrachado auxilia na moldagem pois ele é o responsável por compactar a massa nos moldes do rolo moldador. Já a faca contribui para a remoção do excesso de massa que vai para o rolo moldador, contribuindo para a obtenção do peso adequado (Davidson, 2018). Dessa forma, para que estes componentes operem de forma eficiente é preciso garantir que seus parâmetros operacionais estejam configurados de forma correta. Porém, no mapeamento foi diagnosticada a falta de padronização para posição da faca e para pressão nos rolos estriado e emborrachado, além do desgaste dos moldes do rolo moldador e da faca de raspagem ao longo do tempo, acarretando a variação de profundidade e a dificuldade em remover o excesso de massa, respectivamente.

Também foi constatada a falta de padrão para as temperaturas das zonas do forno, sendo as zonas intermediárias essenciais para redução do peso, pois é onde ocorre a maior remoção de umidade da casquinha (Davidson, 2018). Logo, ficou clara a necessidade de determinar a temperatura correta para cada zona do forno de modo que seja eficaz o ajuste do peso da casquinha sem impactar negativamente a umidade, textura e sabor.

Tendo clareza dos pontos do processo a serem otimizados iniciou-se a etapa de melhoramento para elaboração das ações a serem implementadas.

4.2.4 Melhorar

Após o mapeamento do processo e compilação das causas raízes do problema, foi realizado um brainstorming para elaboração do plano de ação 5W2H (Tabela 4).

Tabela 4 – Plano de ação 5W2H para redução do sobrepeso da casquinha

	O QUE?	POR QUE?	ONDE?	QUEM?	QUANDO?	COMO?	QUANTO CUSTA?
1	Comprar balanças analíticas para análise de peso da casquinha crua e assada	Para que as análises de peso da casquinha crua e assada sejam mais exatas e confiáveis	Fornecedor	Técnica de Qualidade	Imediato	Encomandando balanças analíticas com fornecedor de equipamento de laboratório	R\$ 7.980,00
2	Instalação das balanças analíticas	Para executar a substituição das antigas balanças pelas novas	Moldadora e Forno	Técnico de Manutenção	1 Dia	Realizando instalação das novas balanças conforme instrução do manual do equipamento	R\$ 0,00
3	Elaborar instrução de trabalho de inspeção e verificação diária das balanças	Para que a operação realize diariamente a inspeção e verificação das balanças	Produção	Técnica de Qualidade	1 Dia	Elaborando instrução de inspeção e verificação conforme manual do equipamento	R\$ 0,00
4	Treinar operação sobre a realização do uso, da inspeção e da verificação das balanças	Para que a operação possa realizar a inspeção e verificação das balanças de forma autônoma	Produção	Técnica de Qualidade	1 Dia	Realizando treinamento presencial nos 3 turnos	R\$ 0,00
5	Comprar faca de raspagem com material de maior dureza	Para que a faca de raspagem tenha uma maior durabilidade sem perder performance	Fornecedor	Técnico de Manutenção	Imediato	Encomandando faca com material de maior dureza ao fornecedor	R\$ 4.000,00
6	Testar performance da faca com material de maior dureza	Para comprovar a eficiência da nova faca	Moldadora	Técnico de Manutenção e Especialista de Processo	1 Dia	Instalando nova faca na moldadora e avaliando raspagem através da análise do peso da casquinha crua	R\$ 0,00
7	Avaliar durabilidade da faca de raspagem com material de maior dureza	Para definir a nova durabilidade da faca na moldadora	Moldadora	Técnico de Manutenção e Especialista de Processo	3 Meses	Avaliando a sua durabilidade ao longo dos dias de produção através do peso da casquinha crua	R\$ 0,00
8	Atualizar com o fornecedor a nova dureza do material da faca	Para que as próximas facas encomendadas já venham com o material de maior dureza	Fornecedor	Técnico de Manutenção	1 Dia	Alinhando nova dureza do material da faca com o fornecedor através de uma reunião	R\$ 0,00
9	Reduzir o diâmetro do rolo moldador	Para reduzir a profundidade do molde e com isso diminuir o peso da casquinha crua	Usinagem	Técnico de Manutenção	Imediato	Enviando rolo moldador para usinagem para ser retrabalhado	R\$ 20.000,00
10	Avaliar performance do rolo moldador	Para definir a durabilidade do rolo moldador e a frequência de troca	Moldadora	Técnico de Manutenção e Especialista de Processo	5 Meses	Verificando variação do peso da casquinha ao longo do tempo para avaliar a raspagem	R\$ 0,00
11	Atualizar planejamento de troca da nova faca de raspagem e do rolo moldador	Para que a frequência de troca seja seguida conforme definido	Produção	Técnico de Manutenção	1 Dia	Atualizando a frequência de troca no sistema levando em consideração as novas durabilidades	R\$ 0,00
12	Avaliar performance dos rolos estriado e emborrachado em diferentes pressões	Para encontrar a pressão ideal para a performance dos rolos estriado e emborrachado	Moldadora	Especialista de Processo	1 Dia	Avaliando o peso da casquinha crua com diferentes pressões configuradas no painel da moldadora	R\$ 0,00
13	Registrar especificação para pressão dos rolos estriado e emborrachado	Para que as pressões definidas sejam devidamente usadas pela operação	Produção	Especialista de Processo	1 Dia	Definindo e documentando as pressões ideais encontradas para os rolos	R\$ 0,00
14	Avaliar performance da faca de raspagem em diferentes posições	Para encontrar a posição ideal para melhor performance da faca	Moldadora	Especialista de Processo	1 Dia	Avaliando o peso da casquinha crua com diferentes posições da faca configuradas no painel da moldadora	R\$ 0,00
15	Registrar especificação para posição da faca	Para que a posição definida seja devidamente usada pela operação	Produção	Especialista de Processo	1 Dia	Definindo e documentando a posição ideal encontrada para a faca	R\$ 0,00
16	Avaliar performance do forno em diferentes temperaturas das zonas	Para encontrar as temperaturas ideais para as zonas do forno	Forno	Especialista de Processo	1 Dia	Avaliando o peso da casquinha assada com diferentes temperaturas nas zonas intermediárias	R\$ 0,00
17	Registrar especificação para temperaturas das zonas do forno	Para que as temperaturas definidas sejam devidamente usadas pela operação	Produção	Especialista de Processo	1 Dia	Definindo e documentando as temperaturas ideais encontradas para as zonas intermediárias	R\$ 0,00
18	Elaborar manual de instrução com os princípios de funcionamento da moldadora e do forno	Para ter um documento padrão que possa ser usado para treinar a operação sobre o funcionamento dos equipamentos de forma aprofundada	Produção	Especialista de Processo	1 Dia	Elaborando instrução de funcionamento da moldadora e do forno conforme os manuais das máquinas	R\$ 0,00
19	Treinar o time da operação sobre funcionamento das máquinas	Para que o time tenha conhecimento suficiente realizar o ajuste do peso da casquinha de forma autônoma	Produção	Supervisor de Produção	2 Dia	Realizando treinamento presencial nos 3 turnos	R\$ 0,00
20	Disponibilizar manual nos postos da linha	Para que o manual seja de fácil acesso para consulta	Produção	Supervisor de Produção	1 Dia	Fazendo cópias físicas do manual e disponibilizando nos postos da linha	R\$ 0,00
21	Treinar o time da operação sobre as especificações definidas para pressão dos rolos, posição da faca e temperaturas das zonas	Para atualizar o time sobre as padronizações feitas nas pressões dos rolos, posição da faca e temperaturas das zonas	Produção	Supervisor de Produção	1 Dia	Realizando treinamento presencial nos 3 turnos	R\$ 0,00

Fonte: a autora (2024)

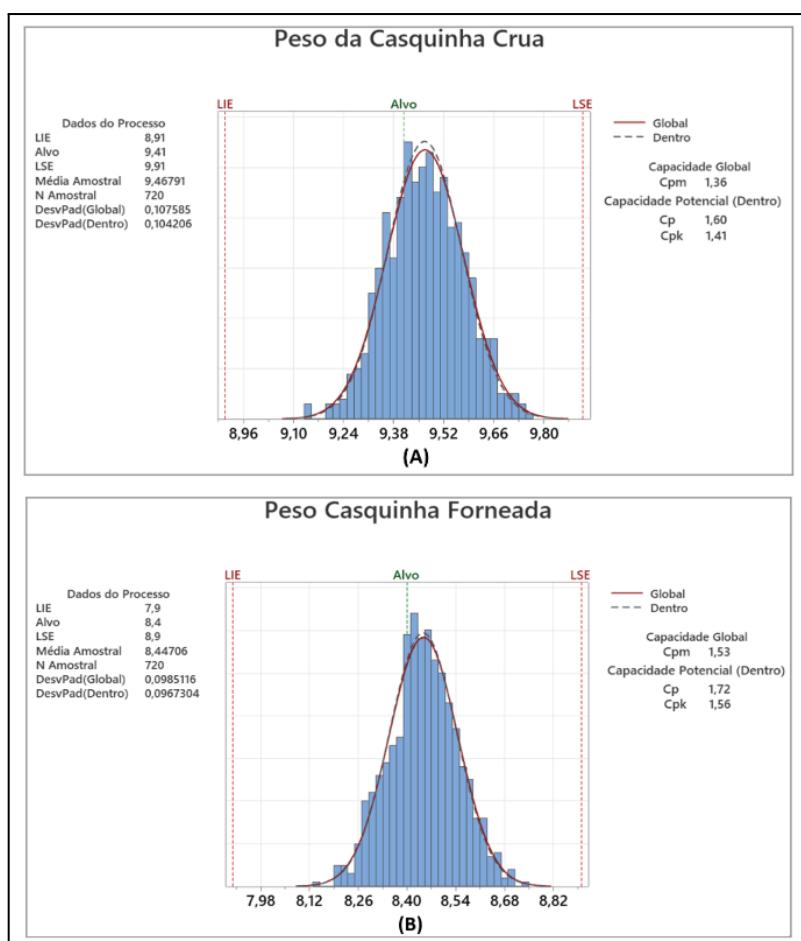
Na Tabela 4, todas as ações foram executadas em 5 meses, sendo as de maior duração as atividades envolvendo análises de durabilidade de peças da moldadora

(faca de raspagem e rolo moldador). As ações de compra de novas balanças de análise, aquisição de faca com material de maior dureza e redução de diâmetro do rolo moldador foram realizadas imediatamente para otimizar o tempo de execução do plano de ação, tendo em vista as atividades posteriores que demandariam maior prazo para serem finalizadas.

4.2.5 Controlar

Após a execução das ações tracionadas, deu-se início a última etapa da metodologia DMAIC, tendo como objetivo avaliar os resultados obtidos e mantê-los através da padronização e gestão das melhorias. Acompanhou-se a performance de peso da casquinha ao longo dos 30 dias posteriores à finalização da etapa melhorar para avaliação da média do peso e dos índices de capacidade de processo (Figura 9).

Figura 7 – Média de peso e capacidade do processo após execução das melhorias

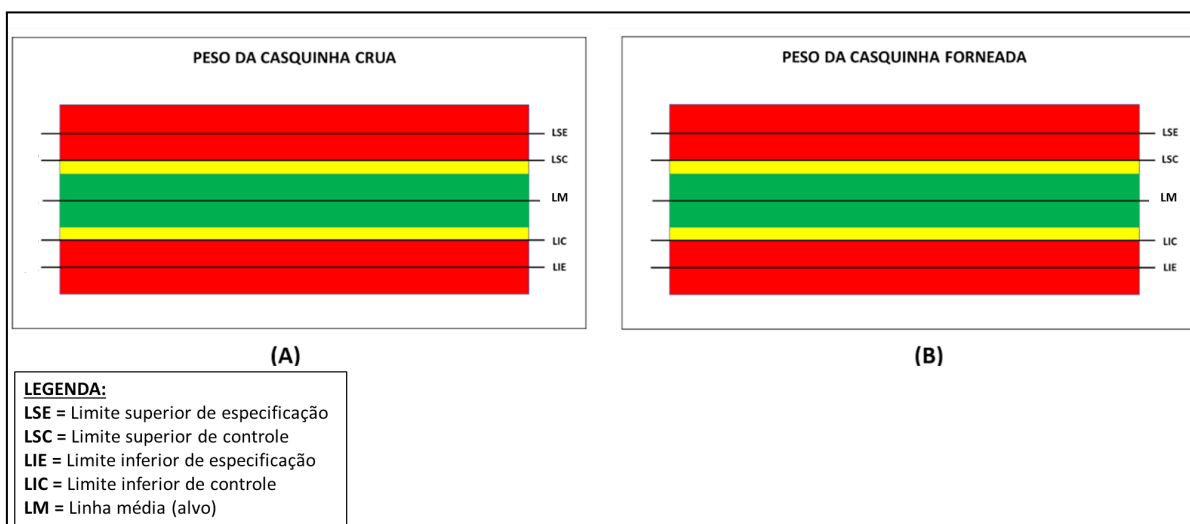


Fonte: a autora

Com a Figura 9, foi constatada a diminuição do peso da casquinha crua e forneada, cujas médias apresentadas foram de 9,467 g e 8,447 g, respectivamente. Logo, observou-se a redução de 83,33% do sobrepeso da casquinha forneada e, como consequência, o mesmo resultado para o produto acabado. Além disso, o C_{pk} apresentou valores maior que 1,33 para ambos os cenários e desvios padrão pequenos, comprovando a consistência da redução do peso, visto que a dispersão dos dados ocorreu de forma satisfatória e controlada, com média dos dados próximos ao valor nominal da especificação.

Posteriormente, foram criadas cartas de controle atreladas ao sistema de apontamento de análises da produção visando otimizar o controle do sobrepeso da casquinha com base na gestão visual e automática dos dados de peso (Figura 10).

Figura 8 – Cartas de controle para peso da casquinha crua e forneada



Fonte: a autora (2024)

Na Figura 8, os dados após a implementação das melhorias não foram adicionados devido ao sigilo. Os valores dos limites de especificação (LIE e LSE) foram cadastrados de acordo com a especificação definida para os parâmetros durante o desenvolvimento do produto. Já os limites de controle foram calculados tendo como base o desvio padrão máximo que os dados podem apresentar sem que os índices de capacidade fiquem abaixo de 1,33. Tal desvio foi calculado no *software Minitab*, cujo valor encontrado foi de 0,33 para ambas as etapas do processo. Logo, os limites de controle inferior e superior foram encontrados aplicando a Equação 5 e a Equação 6, respectivamente (Rosa, 2016).

$$LIC = T - 3 \cdot \frac{0,33}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

$$LSC = T + 3 \cdot \frac{0,33}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Em que, LIC é o limite inferior de controle, LSC é o limite superior de controle, T é o alvo da especificação e n é o tamanho da amostragem.

Os limites de controle são importantes para controlar o processo, evitando que os dados saiam da especificação e por isso seus valores devem ser mais rígidos que os limites de especificação. Além disso, a carta de controle permite observar tendências e periodicidades dos resultados das análises de forma simples e rápida, otimizando as tomadas de decisão para resolver imprevistos.

Por fim, foram criados POP's para padronizar e instruir o time sobre as ações corretivas que devem ser executadas na ocorrência de problemas com peso (Figura 11) (Figura 12).

Figura 9 – Procedimento Operacional Padrão para moldadora

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO		Linha	Biscoito Recheado
		Data de Atualização	15/02/2024
Processo	Moldadora	Responsável	Especialista
DOCUMENTOS NECESSÁRIOS			
- Documento de Especificação de Parâmetros - Cartas de Controle - Manual de Funcionamento dos Equipamentos			
PROCEDIMENTOS CRÍTICOS			
1. Realizar inspeção e registrar parâmetros de pressão dos rolos e posição da faca no início de cada turno 2. Realizar análise e apontamento do peso da casquinha crua a cada 1 hora 3. Verificar carta de controle de peso da casquinha crua a cada apontamento 4. Fazer reanálise em casos de resultado fora dos limites de controle ou especificação 5. Registrar comentários de todas as ações corretivas quando utilizadas 6. Registrar trocas de rolo moldador e faca de raspagem			
RESULTADOS ESPERADOS			
- Gestão do peso da casquinha crua de forma autônoma - Boa performance da moldadora - Produção com sobre peso controlado			
AÇÕES CORRETIVAS			
1. Ajuste da posição da faca no painel da moldadora 2. Acionar manutenção para ajuste da posição da faca no interior do equipamento 3. Ajuste da pressão dos rolos estriado e emborrachado 4. Realizar troca da faca raspadora após vida útil (Durabilidade: 75 dias) 5. Realizar troca do rolo moldador após vida útil (Durabilidade: 135 dias)			
APROVAÇÕES			

Fonte: a autora (2024)

Figura 10 - Procedimento Operacional Padrão para forno

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO		Linha	Biscoito Recheado
		Data de Atualização	15/02/2024
Processo	Forno	Responsável	Especialista
DOCUMENTOS NECESSÁRIOS			
- Documento de Especificação de Parâmetros - Cartas de Controle - Manual de Funcionamento dos Equipamentos			
PROCEDIMENTOS CRÍTICOS			
1. Realizar inspeção e registrar parâmetros de temperatura das zonas do forno no início de cada turno 2. Realizar análise e apontamento do peso da casquinha forneado a cada 1 hora 3. Verificar carta de controle de peso da casquinha crua a cada apontamento 4. Fazer reanálise em casos de resultado fora dos limites de controle ou especificação 5. Registrar comentários de todas as ações corretivas quando utilizadas			
RESULTADOS ESPERADOS			
- Gestão do peso da casquinha crua de forma autônoma - Boa performance da moldadora - Produção com sobrepeso controlado			
AÇÕES CORRETIVAS			
1. Ajuste da temperatura das zonas no painel da forno			
APROVAÇÕES			

Fonte: a autora (2024)

Os POP's foram essenciais para tornar a gestão do sobrepeso mais autônoma e capacitar o time sobre as atividades que devem ser realizadas para que a perda por sobrepeso não volte a acontecer durante a fabricação do biscoito recheado.

5 CONCLUSÃO

Ao final da implementação da metodologia DMAIC, observou-se uma redução de 83,33% do sobrepeso da casquinha e, conseqüentemente, do produto acabado, o que resultou em um ganho financeiro de, aproximadamente, R\$700.000,00. Dessa forma, concluiu-se a eficácia da aplicação da metodologia escolhida para resolução do problema, bem como a assertividade no uso das ferramentas da qualidade e de gestão e na execução das atividades desempenhadas pelos membros da equipe ao longo do projeto.

Ao longo do estudo de caso, foi possível aprofundar o conhecimento técnico sobre o produto foco do projeto e seu processo de produção, diagnosticando pontos de oportunidade e de otimização. O trabalho também permitiu conhecer detalhadamente os maquinários usados na fabricação do biscoito recheado para encontrar as causas vinculadas ao problema e as formas de saná-las.

Por fim, a aplicação da metodologia DMAIC e dos métodos de Controle Estatístico de Processo possibilitou o aprendizado prático sobre a filosofia do Lean Six Sigma e da gestão de Índices de Capacidade de Processos, respectivamente. Ademais, durante a execução das etapas do projeto, foi adquirido mais conhecimento na prática do uso das ferramentas da qualidade e gestão.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. F. **Gestão pela Qualidade**. 1.ed. Belo Horizonte: Poisson, 2018. Disponível em: <https://poisson.com.br/2018/produto/gestao-pela-qualidade-volume-1/>. Acesso em: 05 de março de 2024.

ANDRADE, D. F. **Seis Sigma: Coletânea de Artigos**. 1.ed. Belo Horizonte: Poisson, 2017. Disponível em: <https://www.poisson.com.br/livros/seis%20sigma/volume1/Seis%20sigma%20vol1.pdf>. Acesso em: 03 de março de 2024.

BAYEUX, C. **Análise da Capabilidade de Processos**. Rio de Janeiro: Banas Qualidade, 2001.

BHAT, S.; JNANESH, N. A. Application of Lean Six Sigma methodology to reduce the cycle time of out-patient department service in a rural hospital. **International Journal of Healthcare Technology and Management**, v. 14, n. 3, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe nº69 de 2015, de 03 de outubro de 2015. **Ministério da Saúde**. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes/copy_of_69de2015. Acesso em: 16 de fevereiro de 2024.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 8.ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CARRASCO, S. Biscoito ou Bolacha. PUC-SP, São Paulo, 15 de fevereiro de 2011. Disponível em: https://www5.pucsp.br/maturidades/sabor_saber/biscoito_bolacha.html#:~:text=A%20origem%20da%20palavra%20biscoito,eg%C3%ADpicio%2C%20criando%20assim%20biscoitos%20deliciosos. Acesso em: 14 de fevereiro de 2024.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle da Qualidade de Processo**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2013.

DAVIDSON, I. **Biscuit, Cookie and Cracker Production**. Londres: Elsevier, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128155790/biscuit-cookie-and-cracker-production?via=ihub=>. Acesso em: 05 de março de 2024.

EXAME. Dia do biscoito: Categoria alcança US\$ 100 milhões com exportações. **Exame**, São Paulo, 20 de julho de 2021. Disponível em: <https://exame.com/bussola/dia-do-biscoito-categoria-alcanca-us-100-milhoes-com-exportacoes/>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2024.

FERREIRA, D. C. *et al.* **Otimização em processos hospitalares: metodologia Lean Six Sigma**. Natal: SEDIS, 2018. Disponível em: https://repositorio.lais.huol.ufrn.br/media/documents/metodologia_lean_six_sigma.pdf. Acesso em: 15 de fevereiro de 2024.

FERREIRA, R. **Sistema Lean**. 1.ed. Belo Horizonte: Poisson, 2018. Disponível em: https://www.poisson.com.br/livros/lean/volume1/Sistemas_Lean_vol1.pdf. Acesso em: 03 de março de 2024.

HELDMAN, K. **Gerência de projetos**: Guia para o exame oficial do PMI. 3.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

JUNIOR, I. M; et al. **Gestão de Qualidade**. 10.ed. Rio de Janeiro: Editora FGV. 2011.

LÉLIS, E. C. **Gestão da Qualidade**. 1.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

MELÔNIO, E. P. M. **Ferramenta 5W2H**: A importância do plano de ação para tomadas de decisão no empreendedorismo. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Docência para Educação Profissional e Tecnológica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Instituto Federal da Paraíba, Cabedelo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/>

3480/1/Eula%20Pereira%20Moura%20Mel%c3%b4nio.pdf. Acesso em: 15 de fevereiro de 2024.

OLIVEIRA, J. B. *et al.* Análise da Capacidade de um Processo: Um estudo de caso baseado nos indicadores Cp e Cpk. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais** [...]. São José dos Campos: Abepro, 2011. Disponível em: https://www2.unifap.br/furtado/files/2017/04/enegep2011_tn_sto_136_863_19320.pdf. Acesso em: 03 de março de 2024.

OLIVEIRA, M. L. **A utilização do 5W2H e PDCA como diferencial competitivo: a aplicação destas ferramentas em uma instituição bancária do setor privado.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Especificação em Administração) - Faculdade de Administração, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017. Disponível em: <https://www.repositorio.ufpe.br/handle/123456789/38745#:~:text=O%20presente%20trabalho%20apresenta%20a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20das%20ferramentas,para%20a%20melhoria%20dos%20resultados%20no%20banco%20estudado>. Acesso em: 01 de março de 2024.

RAMOS, F. V. *et al.* Gestão de Projetos Através do DMAIC. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 34., 2014, Curitiba. **Anais** [...]. São José dos Campos: Abepro, 2014. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_202_145_25319.pdf. Acesso em: 03 de março de 2024.

ROSA, L. C. **Introdução ao Controle Estatístico de Processos.** Rio de Janeiro: FGV Editora, 2016.

RUIZ, R. Biscoito é o “lanche perfeito” para 78% dos trabalhadores. **Abras**, São Paulo, 13 de julho de 2023. Disponível em: <https://www.abras.com.br/clipping/geral/114356/biscoito-e-o-lanche-perfeito-para-78-dos-trabalhadores>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2024.

SEBRAE. Entenda o que é POP e qual sua importância para gestão da qualidade. Sebrae, Brasília, 18 de abril de 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-o-que-e-pop-e-qual-sua-importancia-para-a-gestao-da>

qualidade,58abbbd38f896810VgnVCM1000001b00320aRCRD. Acesso em: 01 de março de 2024.

TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A. **Seis Sigma**: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação. Curitiba: Anpad, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/xDVz8JndKf9xtfZmQ4vfkYn/?format=pdf>. Acesso em: 03 de março de 2024.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**: Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Campus, 1999.