



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCAS RENAN DA SILVA OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DO DMAIC: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DO
SETOR ALIMENTÍCIO DO INTERIOR DE PERNAMBUCO**

Caruaru
2020

LUCAS RENAN DA SILVA OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DO DMAIC: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DO
SETOR ALIMENTÍCIO DO INTERIOR DE PERNAMBUCO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Qualidade.

Orientador: Profº. Dr. Isaac Pergher

Caruaru
2020

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

- O48a Oliveira, Lucas Renan da Silva.
 Aplicação do DMAIC: um estudo de caso em uma indústria do setor alimentício do interior de Pernambuco. / Lucas Renan da Silva Oliveira. – 2020.
 56 f. il. ; 30 cm.
- Orientador: Isaac Pergher.
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2020.
 Inclui Referências.
1. Gestão da qualidade. 2. Seis Sigma. 3. DMAIC. I. Pergher, Isaac (Orientador).
II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2020-101)

LUCAS RENAN DA SILVA OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DO DMAIC: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DO
SETOR ALIMENTÍCIO DO INTERIOR DE PERNAMBUCO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Produção do Centro Acadêmico do
Agreste - CAA, da Universidade Federal
de Pernambuco - UFPE, em cumprimento
às exigências para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Após defesa por videoconferência, a banca examinadora, composta pelos
professores abaixo, considera o candidato APROVADO

Aprovada em: 19/11/2020.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. ISAAC PERGHER (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof^a. Dra. Renata Maciel de Melo (Avaliadora):

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez (UFPE) (Avaliador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar a vida e capacidade para vencer todos os desafios enfrentados durante essa difícil caminhada.

Agradeço a minha esposa Janayna Vitória de Barros Silva Oliveira, por estar ao meu lado durante toda a caminhada, me dando força e por entender todos os sacrifícios necessários para que essa fase da vida terminasse.

Agradeço aos meus pais Vladimir Vieira de Oliveira e Maria Betania da Silva Oliveira por todo apoio e incentivo durante toda a minha vida, consolando nos momentos de queda, e por todos os sacrifícios feitos para investir na minha educação. Agradeço também a minha irmã Priscila Luana da Silva Oliveira, assim como ao meu cunhado Fabio Santos de Farias por todo apoio e força durante o curso.

Primeiramente gostaria de agradecer todo apoio do meu orientador Isaac Pergher durante todo o trabalho, onde o mesmo me auxilio de forma completa em todos os momentos. Aos meus amigos João Barros, Jailson Almeida, Ítalo Raniery, Clóvis Rodrigues, Alan e Reginaldo por seus companheirismos e por sempre me ajudarem com suas experiências desde o início do meu percurso acadêmico.

Gostaria de deixar um agradecimento especial a minha orientadora de iniciação científica Maísa Mendonça da Silva pelo incentivo e pela sua dedicação e orientação durante todo o meu percurso acadêmico nos projetos de pesquisa, que foram fundamentais para minha formação profissional.

Também quero agradecer à Universidade Federal de Pernambuco e a todos os professores do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

RESUMO

O mercado de alimentos atualmente vem enfrentando grandes desafios para permanecerem competitivos, dentro de um mercado cada vez mais exigente, onde cada vez o atendimento as expectativas dos consumidores e demandas por aprimoramento dentro dos seus sistemas de produção são necessárias. Para isso as empresas estão buscando melhorar seus processos através da aplicação de ferramentas e metodologias, assim como aplicação do uso de tecnologias focada no aumento da qualidade do produto. Este trabalho tem por objetivo aplicar a metodologia DMAIC (D- definir, M- mensurar, A- analisar, I- melhorar, C- controlar) para nortear ações de melhoria no processo de produção de biscoito recheado em uma fábrica de grande porte do interior de Pernambuco integrando elementos do Seis Sigma e ferramentas da qualidade para alcançar uma redução de 30% do índice de reprocesso da linha de produção. O método de realização das análises do problema foi feito de forma quantitativa. Após o projeto foi verificado uma redução de 60% da geração do reprocesso assim como um aumento da capacidade produtiva de 44,5 % aproximadamente.

Palavras-chave: Seis Sigma, DMAIC, Gestão da qualidade

ABSTRACT

The food market is currently facing great challenges in order to remain competitive, within an increasingly demanding market, where the demands of consumers and demands for improvement within their production systems are increasingly being met. For this, companies are looking for their processes through the application of tools and methodologies, as well as the application of the use of technologies focused on increasing product quality. This work aims to apply the DMAIC methodology (D- define, M- measure, A- analyze, I- improve, C- control) to guide improvement actions in the stuffed cookie production process in a large factory in the interior Pernambuco integrating elements of Six Sigma and quality tools to achieve a 30% reduction in the reprocessing index of the production line. The method of carrying out the analysis of the problem was done in a quantitative way. After the project, a reduction of 60% in the generation of the reprocess was verified, as well as an increase in the production capacity of approximately 44.5%.

Keywords: Six Sigma, DMAIC, Quality management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: História do Seis Sigma	17
Figura 2: Etapas do DMAIC.....	19
Figura 3: Fluxograma do processo produtivo	30
Figura 4: Exemplo da falha na moldagem do biscoito	32
Figura 5: Diagrama de Ishikawa	38
Figura 6: Ilustração das facas de limpeza do rolo moldador	41
Figura 7: Imagem das temperaturas das zonas do túnel de resfriamento.	42
Figura 8: Imagem das temperaturas das zonas do túnel após melhoria	42
Figura 9: Imagem que mostra a ação de nivelamento da conexão das lonas.....	43
Figura 10: Demonstração dos biscoitos travando nas conexões das lonas	43
Figura 11: Imagem do estêncil entupido por gomos de açúcar pedrado.....	44
Figura 12: Comparação entre o antes e o depois do projeto.	45

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO GERAL	11
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3	JUSTIFICATIVA	11
1.4	ORGANIZAÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	GESTÃO DA QUALIDADE	14
2.2	PRODUÇÃO DE BISCOITO	15
2.3	SEIS SIGMA	16
2.4	FMEA	21
2.5	ISHIKAWA	22
2.6	EXEMPLOS DO SEIS SIGMA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	23
3	METODOLOGIA	25
3.1	TIPO DE PESQUISA	25
3.2	OBJETO OU SUJEITO DE ESTUDO	26
3.3	COLETA DE DADOS	27
3.4	ANÁLISE DOS DADOS	27
3.5	MÉTODO DE TRABALHO – DMAIC	27
4	ESTUDO DE CASO	29
4.1	SISTEMA PRODUTIVO ATUAL	30
4.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1	DEFINIR	34
5.2	MEDIR	34
5.3	ANALISAR	36
5.4	MELHORAR	39
5.5	CONTROLE	44
5.6	AVALIAÇÃO GERAL DO PROJETO	46
6	CONCLUSÃO	48

REFERÊNCIAS	50
ANEXO A - TESTE DE VALIDAÇÃO NO MINITAB	54
ANEXO B- QUESTIONÁRIO APLICADO PARA VOZ DO CLIENTE.	56

1 INTRODUÇÃO

O mercado de alimentos atualmente vem enfrentando grandes desafios para permanecerem competitivos, dentro de um mercado cada vez mais exigente, onde cada vez o atendimento as expectativas dos consumidores e demandas por aprimoramento dentro dos seus sistemas de produção são necessárias (PABLE; LU; AUERBACH, 2008). Cada vez mais esse setor é forçado pela concorrência a melhorar seu processo em busca de produtividade e aumento de eficiência para entender expectativas dos consumidores em relação preços baixos, prazos de entrega de entrega de curtos, flexibilidade de produção (Jain & Lyons, 2009).

Segundo Teixeira (2018), o setor de alimentos que é conhecido por oferecerem produtos com uma alta perecibilidade, diversidade de receitas e maneiras de produção, vem lidando com um público que exigem qualidade nos produtos e serviços ofertados.

Por isso, as empresas têm focado na melhoria dos seus sistemas, e diminuição dos aspectos que influenciam sua produtividade, a fim de atender as expectativas dos clientes e assim se permanecerem ativa dentro do setor. Cada vez mais as empresas precisam melhorar seus sistemas de produção, para que possam entregar produtos cada vez melhores a custo mais baixo. Nesse contexto não sobra espaço para não qualidade dentro das linhas de produção das empresas. As indústrias precisam cada vez mais atender as expectativas dos seus clientes, e para isso precisam remodelar sempre seus meios de produzir, vender seus produtos para que consiga manter-se competitiva perante seus concorrentes. Logo em indústrias de alto porte, onde as escalas alcançadas pela produção são numericamente expressivas, perdas trazem impactos relevantes para o resultado final da empresa (GOMES,2015).

Para resolver o problema da baixa produtividade encontrada em muitas indústrias alimentícia causada pela geração de refugos de produção e reprocesso, essas empresas vêm buscando através da aplicação de ferramentas da qualidade e o uso de tecnologia focada no aumento da qualidade do produto, uma maneira lógica e ordenada de alcançarem uma maior satisfação dos seus clientes (DORA ET AL, 2013).

Segundo Gomes (2015), em empresas cuja produção se dá em alta escala, pequenos retrabalhos gerados dentro da produção trazem um impacto gigante para a empresa, e pode ser um dos maiores responsáveis por ineficiência e prejuízos dentro do sistema produtivo.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de aplicação da abordagem DMAIC que serve como norteador da metodologia Seis Sigma, o qual foi integrado alguns elementos do Seis Sigma e ferramentas da qualidade como Diagrama de Ishikawa, FMEA para controle da quantidade de reprocesso gerado dentro da uma linha de produção de biscoito, aprimorando o sistema de controle atual da empresa e buscando minimizar essa quantidade de reprocesso, assim como uma análise estatística dos dados para validação dos resultados.

1.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar a metodologia DMAIC para nortear ações de melhoria no processo de produção de biscoito recheado em uma fábrica de grande porte do interior de Pernambuco.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Diminuir perdas de matéria prima;
- b. Reduzir a geração de reprocesso gerado na linha de produção;
- c. Reduzir custo de produção;
- d. Aumentar a eficiência da linha de recheados;
- e. Aumentar a produtividade;
- f. Diminuir o gap entre o planejado e produzido;

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo Serillo e Tupy (2006) a eficiência no setor industrial alimentício, está ligada a adesão de novas tecnologias, que consigam prover o aumento da produtividade, ganhos em escala e conseguindo redução de seus custos operacionais. Portanto uma forma de melhorá-la é aplicando ferramentas da qualidade baseada em metodologias robustas.

Em um ambiente dinâmico como o industrial, a necessidade por melhorias constantes e busca por maiores índices de eficiência é algo constante. A todo tempo procura-se realizar determinada atividade de formas diferentes, aplicando-se conceitos inovadores para que os resultados sejam sempre melhorados. Em qualquer fábrica, por melhor que esta seja, por melhores que sejam os instrumentos de controle, de gestão, sempre existirá uma maneira ou um ponto para ser trabalhado, a fim de que, os resultados sejam alavancados e condição atual seja aprimorada.

Entretanto, uma aplicação adequada da metodologia Seis Sigma é de extrema importância para o sucesso do projeto e alcance dos resultados satisfatório. Portanto realizando uma gestão correta e alinhada com realidade da empresa é determinante para que seja alcançada a perpetuidade da implementação das ações (SILVA, 2019). Nesse contexto aplica-se a abordagem DMAIC, que serve como orientador do Seis Sigma e dessa maneira alcançar resultados expressivos.

Logo, o trabalho se justifica pela importância em termos financeiros para a empresa a redução do reprocesso a qual a empresa enfrenta. Portanto, desta maneira a empresa consegue melhorar competitividade diante dos concorrentes e atender as expectativas dos consumidores.

1.4 ORGANIZAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) está dividido nos seguintes capítulos:

- Introdução (Capítulo 1);
- Fundamentação Teórica (Capítulo 2);
- Revisão Bibliográfica (Capítulo 3);
- Materiais e Métodos (Capítulo 4);
- Resultados e Discursões (Capítulo 5);
- Conclusões (Capítulo 6);
- Referências Bibliográficas (Capítulo 7);

O Capítulo 2 apresenta os conceitos necessários para o desenvolvimento desse trabalho. No Capítulo 3 expõe os trabalhos mais atuais, que tratam do problema de aplicação de ferramentas para controle da geração de reprocesso na indústria, através de uma pesquisa científica nas bases de dados científicos. No Capítulo 4 apresenta

os materiais e as metodologias que foram utilizadas para realização do trabalho. No Capítulo 5 são mostrados os resultados encontrados com a utilização das ferramentas propostas. Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo do trabalho tem por objetivo esclarecer os conceitos teóricos a partir do ponto de vista de vários autores acerca do tema, que fornecerão de suporte para o desenvolvimento do trabalho. Entre os assuntos explanados neste tópico, estão aspectos conceituais de gestão de sistemas produtivos competitivos, mecanismos da função produção. Além disso, uma visão teórica acerca das metodologias e ferramentas aplicadas no trabalho como DMAIC, Seis Sigma, Ishikawa, PDCA, FMEA.

2.1 GESTÃO DA QUALIDADE

As indústrias de manufatura passaram por uma revolução no que tange à sua maneira de funcionamento e nas suas relações para com seus consumidores, pois estes estão cada vez mais seletivos com suas escolhas. Portanto a maneira pela qual as empresas acharam de sobreviver a essa mudança é através de uma melhoria em seus processos e produtos para assim atingir a satisfação do cliente e quiçá superá-la (EFSTRATIADIS ET AL, 2000).

De acordo com Silva (2019) visando atender as exigências dos consumidores, as empresas têm vêm ampliando cada vez mais o conceito de qualidade dentro dos seus processos e os transformando em um fator importantíssimo para a competitividade do mercado.

Porém essa preocupação por obter produtos de qualidade não é algo atual. Pessoas desde a antiguidade procuraram obter produtos que não houvesse avarias em suas relações. Segundo Longo (1996) os consumidores tinham o cuidado de inspecionar os bens e serviços que eram obtidos nas relações de escambo, e com isso foi introduzido o conceito de inspeção, que se difere totalmente do conceito de qualidade, visto que somente aponta o problema no final da cadeia produtiva, não podendo assim ser reparado no momento da ocorrência.

Com isso a gestão da qualidade dentro de uma organização vai muito além de simplesmente um produto sem avarias, ela deve ser algo praticado em todos os processos e departamentos da empresa, e assim formando um sistema de qualidade.

De acordo com Carpinetti (2010) a gestão da qualidade como estratégia competitiva parte da ideia que a conquista e conservação dos clientes se dá

principalmente pelo atendimento das necessidades dos mesmos assim como a percepção de valor ao longo do ciclo de vida do produto.

Ainda Segundo Brito et al (2008) as organizações no mundo atualmente vêm atentando com a melhoria de seus processos para alcançarem melhores resultados e assim conseguir se manter em posição satisfatória dentro do mercado diante da competitividade acirrada de seus concorrentes.

Essa necessidade de mudança ficou evidente a partir da última década, pois através do crescimento da competitividade entre as empresas industriais, estas para sobreviverem a tais mudanças e novas demandas investiram na busca por técnicas e melhorias em seus sistemas de qualidade (FERNANDES E TURRIONI, 2007).

Embora ao se falar de qualidade não existe um conceito formado e pronto do que seja qualidade, o que se vê são vários pensadores com conceito que em algum momento se complementam para formar o conceito de qualidade.

Para Garvin (1992), qualidade é algo subjetivo, ou seja, o que é algo com qualidade para uma pessoa não necessariamente será para outra, além de ser de fácil visualização. Qualidade tem vários significados, porém os mais aplicados são o de satisfação do cliente e a ausência de falhas (JURAN, 1991). Kessler (2004) ainda cita a qualidade como algo estratégico dentro da organização e que geralmente está ligada com a percepção do cliente sobre a distinção dos produtos ou serviço oferecido pela empresa.

De acordo com Campos (1992), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e em tempo hábil as necessidades do cliente.

2.2 PRODUÇÃO DE BISCOITO

De acordo com Moretto e Fett (1999) biscoito é o produto resultante do processo de amassamento e cozimento de farinhas, amido, açúcar, entre outras matérias primas e outros produtos alimentícios. Segundo Manley (1998), biscoitos são pequenos produtos obtidos a partir do assamento da mistura da massa com farinha, açúcar e gordura. A solicitação e necessidade dos consumidores quando se fala em produtos alimentícios, é determinado inicialmente pela aparência do produto

e após ser chamada a atenção pela aparência ele então é degustado e avaliado nos sentidos de qualidade reológicas do produto.

Além disso, os produtos após o assamento da massa podem receber um revestimento com algum creme que pode variar de sabor como morango, doce de leite, chocolate, e esse recheio pode ser a base de gordura ou com adição de algum aroma de sabor específico. Os biscoitos possuem várias classificações, classificação esta que é a partir dos ingredientes que os diferenciam ou forma de fabricação. Esse produto geralmente é designado o termo biscoito ou bolacha posposto de um termo que o caracterize e o especifique, tais como biscoito de milho, biscoito recheado, etc (MANLEY, 1998).

Dentre as principais classificações encontradas na literatura, tem-se biscoito salgado, biscoito doce, biscoito recheado, revestido, grissini, pretzel, waffle, petit, four.

A cerca das matérias primas usadas dentro do processo de fabricação, o autor Moretto e Fett (1999) distingue-as de duas formas: matérias primas amaciadoras e estruturadores. Como amaciadoras pode-se citar a gordura, açúcar, gema de ovos e fermentos. Já na classe e estruturadores pode-se citar a ovo, farinha e água.

Um ponto importante é que como um dos insumos que mais sofre variação e consequentemente causa variação no processo. A farinha varia primeiramente dependendo de qual tipo trigo ela vem, assim como região de plantação, época de colheita, entre outros fatores. Para tentar-se controlar essa variação e minimizar assim oscilações no processo produtivo essas farinhas passam por rigorosos testes para avaliar sua qualidade.

Dentre os testes mais comuns, de acordo com Moretto e Fett (1999), têm-se a relação de Extensibilidade/recuperação, que mede a capacidade de resistência a deformação da massa durante o processo, pois o ideal é que ela permaneça inalterada após o processo de estampagem. Para o autor, um bom valor para esse indicador são valores entre oito e nove, considerando assim valores abaixo de oito como farinhas não ideal para o uso do biscoito.

2.3 SEIS SIGMA

Nas últimas décadas várias ferramentas e metodologias que visam melhoria contínua de processo surgiram para dessa forma obterem melhores resultados como

um aumento da eficiência e uma redução de custos por não qualidade. Essas abordagens visam redução da variabilidade dos processos para que desta forma, com o processo estável a produtividade venha alcançar valores aceitáveis (PACHECO ET AL, 2015).

Uma dessas abordagens ficou bastante conhecida através da Motorola na década de 90 (Fuller, 2000) que a partir de uma análise em seu processo produtivo a Motorola percebeu que havia uma grande variabilidade nos seus produtos e, portanto, um custo muito alto por não qualidade poderia ser evitado se esse problema fosse resolvido (SILVA, 2019). O projeto obteve um sucesso tão satisfatório que outras empresas aplicaram em suas linhas produtivas, tais como General Eletric, CitiCorp (CORRÊA; CORRÊA, 2012). A figura 1 demonstra as empresas que utilizaram com sucesso o Seis Sigma entre 1987 até 2000 e com isso demonstram a evolução da sua aplicação.

Figura 1: História do Seis Sigma

GRUPO BRASMOTOR	Ganhos superiores a R\$ 20 milhões entre 1997 e 2000
GENERAL ELECTRIC	Ganhos de US\$ 1,5 bilhões entre 1996 a 1999
ALLIEDSIGNAL	Ganhos de US\$ 1,2 bilhões entre 1994 e 1998
ASEA BROWN BOVERI -ABB	Ganhos de aproximadamente US\$ 900 milhões entre 1989 e 1991
MOTOROLA	Ganhos de US\$ 2,2 bilhoes entre 1987 e final de 1990

Fonte: O autor (2020) adaptada Werkema (2012)

Seis Sigma pode ser definido como uma metodologia focada em resolução de problemas. Por possui sua base na estatística, é muito aplicada em contextos produtivos e com sua apropriada aplicação pode trazer melhorias consideráveis para a organização em termos de qualidade do processo e consequentemente redução de custos. Além de fornecer os métodos estatísticos, o Seis Sigma visa em dimensões importantíssimos para a qualidade do processo, possibilitando uma redução do valor médio do processo (KANJI, 2008).

Para Werkema (2012) Seis Sigma é uma estratégia gerencial quantitativa com objetivo principal de aumentar os resultados financeiros da empresa da empresa, através da melhoria dos processos, aumentando a eficiência e reduzindo os custos, além de superar as expectativas dos clientes.

A partir da estatística, a letra grega Sigma (σ), faz referência ao grau de variação em um dado processo produtivo definido pelo seu desvio padrão. Em condições ideais a medida sigma na prática representa 4,5 sigmas em relação à sua média considerando uma variação de 1,5 sigma, o que leva a um valor de defeito de 3,4 peças defeituosas por milhão (PPM) (EHIE; SHEU, 2004).

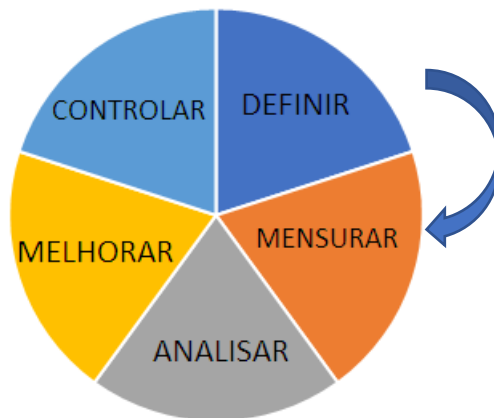
De acordo com essa definição Betts et al (2013) afirma que o Seis sigma é uma abordagem formada por diversas práticas que tem por objetivo alcançar a melhoria contínua dentro de um processo ou produto. Segundo o autor essa abordagem tem seu grande valor, pois além de fornecer conceitos estatísticos de controle do processo, fornece uma visão ampla do negócio e permite a empresa alcançar a redução de custos em seu processo.

De acordo com Kumar e Antony (2008) o Seis Sigma pode ser aplicado em empresas de todos os tamanhos e setores e nos últimos anos cada vez mais empresas de pequeno porte vem buscando sua aplicação dentro dos seus processos produtivos, visto que os resultados são percebidos de forma mais rápida nestas empresas do que em empresas de grande porte, pois em muitos casos a estrutura organizacional destas dificultam a aplicação da metodologia (ANTONY, 2008).

Segundo Linderman et al (2003) para uma aplicação bem sucedida do Seis Sigma, é necessário o uso de outras ferramentas como o método DMAIC ou uma de suas variações. O método DMAIC pode ser descrito como ciclo de melhoria do processo utilizado no programa Six Sigma (HUNG E SUNG, 2011). Segundo Pacheco et al (2015) afirma que a metodologia DMAIC é utilizado dentro do Seis Sigma visando a redução da variabilidade e desperdícios, e ainda afirma que a metodologia tem como base o ciclo PDCA (*Plan – Do - Check - Action*).

DMAIC é a abreviação em inglês de 5 etapas: *define* (definir), *measure* (mensurar), *analyze* (analisar), *improve* (melhorar), *control* (controlar) (WERKEMA, 2012). A figura 2 mostra a abordagem DMAIC em forma de círculo justamente indicando a ideia do ciclo percorrido ao longo do projeto.

Figura 2: Etapas do DMAIC



Fonte: O autor (2020) adaptado de Werkema (2012)

A seguir tem-se uma explicação de cada etapa do método DMAIC (D - Definir, M - Mensurar, A Analisar, M - Melhorar e C - Controlar), que serve de base bibliográfica para o estudo.

A etapa de definir é o ponto de partida para um projeto Seis Sigma. Para se entender de forma completa o processo é necessário entender as variáveis que o influenciam (PATIL, 2020). Nessa etapa é importante investigar todas as etapas importantes do processo para que dessa forma seja possível um maior entendimento do processo, assim poder limitar o projeto de forma que englobe as atividades crítica do mesmo.

De acordo com Werkema (2012) é nessa fase onde o problema no qual o projeto irá se basear deverá ser definido a partir de uma avaliação junto com as partes interessadas, assim como a definição da equipe do projeto com suas responsabilidades. Para Saliba e Lima (2008) é nessa etapa do projeto onde se define exatamente onde será o foco do projeto, a fim de focar os esforços do projeto nas atividades mais importantes do processo e dessa forma ser possível atender as expectativas dos patrocinadores do projeto, dessa forma delimitando o projeto aos pontos mais sensíveis para que seja avaliada na próxima etapa do projeto que é a de analisar.

Ainda é importante destacar que nessa primeira etapa do projeto são definidos quais variáveis que serão avaliadas dentro do projeto, ou seja, uma escolha errada ou feita de uma forma errada acarreta em uma análise inconsistente, o que torna impossível o atingimento dos objetivos do projeto.

A partir do problema definido assim como seus objetivos, segue a etapa de mensurar ou coletar os dados atuais da empresa, a fim de se fazer um levantamento do cenário atual do processo em questão. Com o problema determinado, segue-se esta etapa que tem por objetivo estudar determinar a localização ou foto do problema no qual se baseia o objetivo do projeto (WERKEMA, 2012).

Dentre as principais atividades desenvolvidas nessa etapa pode-se citar: identificar qual a melhor forma de estratificar os dados do problema, planejar a coleta dos dados, coletar os dados do sistema atual (WERKEMA, 2012). Segundo Mores (2018) após essa etapa é realizada a validação da maneira na qual foi realizada a análise e coleta dos dados. Com os dados coletados é possível fazer as análises na etapa posterior usando ferramentas como diagrama de Pareto, gráficos de controle, histograma.

Após a mensuração e levantamento dos dados do processo é o momento para se fazer a investigação das possíveis causas dos problemas encontrados na fase de mensuração, ou seja, a etapa de análise da metodologia. Algumas ferramentas que auxiliam nessa etapa é o FMEA, Diagrama de Afinidades, Diagrama de ISHIKAWA, Brainstorm, 5W2H, pois fornecem informações para tomada de decisão do líder da equipe de Seis Sigma. Essas ferramentas auxiliam facilitando a descoberta, identificação, investigação e quantificação dessas causas geradoras e possibilitando o foco nas causas mais críticas de cada problema investigado (WERKEMA, 2012).

Na fase de melhorar segundo Saliba e Lima (2008) precisa estar decidido quais as causas que serão tratadas dentro do processo, e o real impacto dessas melhorias para o projeto. Dessa forma pode-se ter um direcionamento mais focado em procurar soluções viáveis para as causas levantadas na etapa anterior e dessa forma conseguir a eliminação ou minimização dos efeitos de cada efeito tratado. Essa priorização de esforços deve ser acompanhada de testes em pequena escala dessas ações para que dessa forma possa minimizar os riscos de implementação das ações (WERKEMA, 2012).

Um ponto importante a se destacar é que nessa etapa deve-se formular um plano de ações para que o grupo se divida e obtenha o tratamento para o máximo de causas possíveis. As principais ferramentas usadas nessa etapa são: Brainstorming, Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Afinidades, FMEA, Testes de Hipótese,

5W2H, Diagrama de Árvore, Diagrama de Gantt, Diagrama do Processo (WERKEMA, 2012).

Para se alcançar o sucesso do projeto e a manutenção dos resultados é importante fornecer ferramentas de controle que garantam que os problemas que foram tratados jamais voltem a aparecer. Segundo Mores (2018) é na fase de controlar que se objetiva confirmar que as melhorias sejam monitoradas e o alcance do projeto mantido. Logo nessa etapa do projeto é garantido que os resultados e metas alcançados sejam mantidos em um longo horizonte de tempo.

Para isso deve-se padronizar todas as mudanças realizadas dentro do processo devido as ações tomadas pelo projeto, e associado a isso realizar treinamentos para mostrar esses novos padrões a todas as partes interessadas. Além disso é importante pôr em prática um plano de controle e monitoramento das etapas do processo e principalmente das novas ações tomadas pelo projeto, assim como fornecer treinamento com ações corretivas para possíveis novos problemas (WERKEMA, 2012).

2.4 FMEA

Segundo Putra e Wang (2018) o FMEA é uma metodologia que foi desenvolvida pela indústria aeronáutica, com o intuito de analisar possíveis falhas dentro de um sistema produtivo ou em serviços.

FMEA do inglês Failure Mode and Effect Analysis, ou em uma tradução livre, análise dos modos de falhas e efeitos. Como o próprio nome já indica é uma metodologia cujo objetivo é a prevenção e aplicação de ações para que possa melhorar a confiabilidade de um sistema em partes ou como um todo (PLENTZ, 2015).

De acordo com Almannai, Greenough, & Kay, (2008) essa metodologia tem como meta a identificação dos potenciais modos de falha de um determinado processo ou objeto de estudo, para assim determinar as melhores alternativas a serem tomadas para que essas maneiras de falhas sejam impedidas de acontecerem ainda na fase de projeto ou concepção.

Segundo Palady (2004) existem algumas adaptações com relação ao FMEA. Os principais são o FMEA de projeto, FMEA de processo. De forma geral, cada modelo de FMEA é indicado de acordo com o objetivo do estudo, pois, o primeiro é mais

indicado para a fase inicial do produto, ou seja, ainda na fase de projeto e tem o foco em atuar nas especificações do produto, já o segundo tem por meta atuar sobre o processo em si.

FMEA é classificado como uma metodologia na qual levam em consideração três fatores primordiais para que possa ser tomada a melhor decisão em relação ao problema identificado como mais crítico e é atribuída uma nota para cada critério desse. A primeira falha é com relação aos potenciais modos pelo qual uma falha pode acontecer naquele processo ou equipamento em estudo. Passados essa fase, então é levantado a ideia de que, caso aconteça o determinado modo de falha, quais efeitos isso causaria dentro do processo ou equipamento, ou seja, as consequências de que essa falha realmente acontecesse. E por fim, levantam-se os modos de detecção desse tipo de falha, ou seja, a probabilidade de que seja detectado esse problema no processo. A partir dos dados levantados, tem-se a possibilidade de calcular o indicador chamado RPN. De forma resumida, a análise utilizando essa metodologia consiste no produto da gravidade da falha (S), da frequência de ocorrência (O) e da probabilidade de detecção (D) do pior resultado potencial resultante em termos de segurança do sistema (PUTRA E WANG 2018).

O valor de RPN é estabelecido como demonstrado pela equação 1.

Equação 1: cálculo do RPN do FMEA.

$$RPN = S \times O \times D$$

Portanto, a depender do valor de cada RPN dos modos de falha é possível criar um ranking dos piores modos de falha e daí poderem focar as ações de prevenção nos mesmos.

2.5 ISHIKAWA

Para Davis, Aquilano e Chase (2001) o Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta que fornece a partir dos problemas todas as falhas possíveis e suas causas, permitindo assim que o tomador de decisão possa atacar diretamente na fonte do problema, e não somente no seu efeito. A exemplo pode-se ter o caso de um vazamento de água em um cano dentro de uma casa, onde uma pessoa pode resolver o problema do chão molhado somente enxugando-o, ou atacando o real motivo do chão molhado que é o vazamento causado por uma fissura no cano. Segundo

Ballesteros Alvarez (2010) essa ferramenta oferece ao usuário a possibilidade de entender a partir do problema todas as relações entre as causas e seus efeitos e com isso possibilita uma melhor tomada de decisão a respeito das possíveis ações a serem postas em prática. Dentro da ferramenta são levantadas as possíveis causas e feita uma espécie de estratificação do tipo de causa a qual ela se encaixa. Essas causas podem ser relacionadas a método, matéria prima, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente, por isso também essa ferramenta é conhecida como 6M. Lobo (2010) ainda diz que esse agrupamento ou estratificação das causas podem ser preenchidos com base nas respostas obtidas através da aplicação de ferramentas como 5W2H e *Brainstorm*. Campos (1992) diz que para todo problema existe sempre um conjunto e causas que podem ser relacionadas com os problemas estudados.

2.6 EXEMPLOS DO SEIS SIGMA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Souza e Marchizelli e Taroco (2012) em seu estudo aplicaram o Seis Sigma em uma linha de produção de biscoitos de uma indústria alimentícia, onde o trabalho tinha por objetivo a identificação das possíveis razões para a quebra dos biscoitos durante o processo produtivo. Com a identificação da causa do problema, foi percebido uma redução de mais de 82,5% na incidência do problema, o que proporcionou um resultado melhor que a meta inicial do projeto que seria de 80%. Um ponto forte no trabalho foi a aplicação de diversas ferramentas estatísticas, o que gerou uma robustez no trabalho.

Já um ponto fraco no trabalho citado foi a revisão bibliográfica reduzida, onde alguns pontos importantes ficaram sem grandes detalhes como as ferramentas aplicadas durante o projeto.

Mores (2018) em seu trabalho aplicou o Seis Sigma em uma unidade de massas no oeste do Paraná visando identificar as principais causas das perdas durante o processo para desta forma conseguir um aumento da produtividade da linha produtiva. Após a aplicação da metodologia o autor não pôde mensurar em termos numéricos as melhorias alcançadas, pois a empresa ainda não tinha posto em prática as ações sugeridas, porém pode-se perceber uma melhoria no indicador de capacidade do processo que antes era $Cpk=0,05$ e agora está em 0,25.

Outro ponto melhorado foi referente a variabilidade do sobrepeso do produto onde pode-se diminuir o desvio padrão de 3,76 para 2,69 e média de 84,62 para 83,88. Um ponto forte do trabalho citado é que se aplicaram várias ferramentas, tanto

quantitativas quanto qualitativas o que proporcionou um conhecimento mais real do processo e deu propriedades para a sugestão de ações a serem tomadas. Um ponto fraco foi que o autor não relatou o quanto melhorou da produtividade da linha, visto que esse era o objetivo geral do trabalho.

Hung e Sung (2011) em seu trabalho aplicou o Seis sigma baseado na abordagem DMAIC para melhoria da qualidade do processo e com isso reduzir o custo da qualidade. O trabalho focou na produção de pães de 32g para reduzir a ocorrência de não conformidades de retração do produto que atualmente estava em 0,45% e o projeto pôs como meta chegar a 0,14%. Após a aplicação de diversas ferramentas como FMEA, *Brainstorm*, *Poka-yoke* foi alcançado o objetivo, e os dados após as melhorias mostraram que a retração do produto ficou em 0,14%.

Um ponto fraco do trabalho é que houve pouca pesquisa bibliográfica a respeito dos temas trabalhado durante o artigo. Já um ponto forte foi o uso de vários gráficos e ferramentas estatísticas para comprovação dos resultados alcançados, o que mostra a robustez do trabalho

3 METODOLOGIA

Este capítulo é reservado ao desenvolvimento a fim de alcançar os objetivos traçados no trabalho. Como dito anteriormente, a proposta desse trabalho é a aplicação da abordagem DMAIC visando a redução do reprocesso da linha produtiva de biscoitos laminados, causado pela variabilidade do processo em uma empresa de grande porte localizada no Agreste Pernambucano.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Quanto à abordagem, esta pesquisa é caracterizada como pelo uso de pesquisa quantitativa e qualitativa. Qualitativo no que tange o fato de que os dados são informados e analisados de forma analítica. Já no que se refere a questão quantitativa, se deve ao fato que as variáveis do problema são analisadas com a utilização de tabelas, gráficos com os dados coletados, e com isso produzindo informação para a resolução do problema.

Segundo Denzin e Lincoln (2006), pesquisa qualitativa é aquela que não visa a aplicação de métodos estatísticos para gerar informações, antes tem seu enfoque em uma abordagem muito mais interpretativa dos dados, ou seja, estudam os fenômenos em seus cenários como eles realmente se apresentam e assim tentam entender quais significados as pessoas atribuem a eles. Portanto, esse tipo de abordagem visa descrever e qualificar de forma minuciosa os fenômenos pelo qual se tem interesse, além de todo as variáveis que o possam influenciar (AUGUSTO, 2011).

De acordo com Wainer (2007) uma pesquisa quantitativa se dá pela tradição das ciências naturais, pois nesse contexto as variáveis que são levadas em conta para o estudo são de número reduzido, objetivas pois diferentes observadores irão chegar a um mesmo resultado mesmo que em experimentos diferentes e podem ser medidas em escalas numéricas. As pesquisas quantitativas são consideradas mais ricas que as descrições verbais, pelo fato de que elas conseguem se adequar à manipulação do observador.

No que tange aos objetivos, esta pesquisa é considerada exploratória pois fornece um maior entendimento acerca do assunto e funciona como base para tal estudo a partir das informações obtidas do objeto de estudo do trabalho, além disso traz para o autor uma visão ampla acerca do fato ou uma maior familiaridade acerca

do objeto de estudo (OLIVEIRA,2012). Referente aos procedimentos técnicos (técnicas) é possível classificar este estudo como:

- Pesquisa bibliográfica: pode-se classificar desta maneira, pois materiais que foram elaborados previamente, tais como artigos científicos e livros são usados para desenvolvimento dos fundamentos teóricos e permite dessa maneira uma maior compreensão do tema em específico (GIL, 2002). A vantagem da pesquisa bibliográfica é o fato de permitir ao pesquisador abranger um escopo de fenômenos mais amplo do que o pesquisador poderia pesquisar diretamente. Este tipo de pesquisa perpassa todos os momentos do trabalho acadêmico e é utilizado em todas as pesquisas. Para fazer a fundamentação teórica desta pesquisa foram utilizados livros e artigos que abordam os temas concernentes as questões norteadoras propostas do Seis Sigma, assim como DMAIC e todas as ferramentas utilizadas ao longo do trabalho que possibilitaram a aplicação eficaz da metodologia.
- Documental: pois utiliza relatórios e documentos arquivados da empresa em estudo visando coletar informações que auxiliem no entendimento da situação atual das atividades referente ao processo da fabricação o biscoito, atividade tais como: mistura dos insumos batimento da massa, moldagem da massa, assamento do biscoito.
- Estudo de caso: procura estudar profunda e exaustivamente um ou poucos objetos, de modo que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

3.2 OBJETO OU SUJEITO DE ESTUDO

O objeto de estudo foi uma empresa do interior de Pernambuco, unidade Caruaru fabricante de biscoitos e o sujeito de estudo foram o gestor da empresa, o supervisor master do setor de biscoitos, assistente do planejamento e controle da produção, assistente do planejamento e controle da manutenção, e os líderes do setor de fabricação do biscoito os quais todos tem qualificação em yellow belt em Seis Sigma.

3.3 COLETA DE DADOS

Para a realização do trabalho foi realizado um levantamento dos dados reais do processo, a fim de obter os dados brutos e após aplicação de algumas técnicas de

tratamento de dados poder obter informações pertinentes ao objeto de estudo do trabalho. Para tais levantamentos foram utilizados folhas de registros de produção, integração do grupo de trabalho formado por três líderes de produção, um supervisor master, um assistente de manutenção, um assistente de programação e controle da produção. Também foi utilizado um questionário com gestores de diversos setores para identificação da voz do cliente. Para mais informações, ver o anexo 2.

Além disso, foram utilizadas entrevistas in loco com os operadores da produção para que pudéssemos ter uma visão mais próxima do processo e juntamente com os registros de produção fosse possível fazer as análises dos dados necessários. Para esse trabalho o horizonte de análise dos dados foram dez meses referentes ao tempo do projeto estipulado pela empresa no qual iniciou-se em outubro de 2019 até julho de 2020.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi feita de forma quantitativa, visto a utilização de gráficos, teste de comparação das médias, tabelas e geração de informações através de números. Uma análise quantitativa se refere ao tipo de pesquisa que necessita de ferramentas e técnicas estatísticas, tais como: moda, média, mediana, variância, desvio padrão. Ainda pode-se afirmar que uma análise quantitativa ocorre onde existe a necessidade de formular hipóteses a respeito de algo e através disso estudar a relação entre variáveis (PRODANOV E FREITAS, 2013). A análise dos dados ocorrerá à luz dos conceitos do referencial teórico, visando determinar possíveis pontos de divergência, nos quais serão fundamentadas as sugestões de melhoria, atendendo deste modo, ao objetivo geral desta pesquisa.

Para se trabalhar com a metodologia seis sigma é necessário a formulação de hipóteses a serem testadas, a fim de se ter elementos significativos que atestam a realidade e possibilita inferir sobre determinada população a partir de suas amostras. Mais detalhes sobre essa análise está descrito nos tópicos 5.6 e no anexo 1.

3.5 MÉTODO DE TRABALHO – DMAIC

Para colocar em prática a metodologia Six Sigma com foco na redução da variabilidade e desperdício, a literatura apresenta o método DMAIC (Definir - Medir - Analisar - Melhorar - Controlar), que foi desenvolvido com base no ciclo PDCA (Planejar - Fazer - Verificar - Ação) proposto por William Edward Deming. DMAIC é

semelhante em relação à sua função aos seus antecessores na resolução de problemas, como (PDCA) Plan-Do-Check-Act e o método dos sete passos de Juran e Gryna (BALAKRISHNAN, 1995).

Para Rotondaro et al (2002), esse método é baseado na identificação dos problemas de base para priorizar os projetos (Definir) que serão executados para resolução do problema em questão; na coleta de dados (Medir) para identificar o desempenho do processo atual e dar fundamentos para análise do processo, na determinação das causas dos problemas (Verificar) o que leva à análise das causas; a criação de ações de melhoria que irão impactar a melhoria do processo (Ação); e na consolidação e manutenção das melhorias, ou seja, manter o processo sob controle (controlar). Ou seja, esse método permite percorrer todo o projeto, desde a fase de identificação dos problemas até a fase de controle.

4 ESTUDO DE CASO

A empresa em estudo trata-se de uma indústria do setor alimentício de grande porte, localizada no Agreste Pernambucano, tem em seu portfólio de produtos biscoitos recheados e laminados, wafers, cafés, massas para macarrão, mistura para bolos e salgadinhos. Ela está no mercado há mais de 83 anos, tendo seu início no ramo da venda do café, foi adquirindo outras marcas ao longo da sua história, e hoje é uma das maiores produtoras do Nordeste. A empresa conta com duas unidades, uma localizada em Caruaru-PE no interior do agreste, e outra na cidade de Queimadas-PB, sendo que está última atualmente funciona apenas com fábrica de café e serviços administrativos.

No total são mais de 800 colaboradores, atuando em diversos setores tais como: Recursos Humanos, Administração, Marketing, Produção, Vendas, Almoxarifado, Expedição, Logística, Qualidade, Segurança e Saúde do Trabalhador, Assepsia. Nos setores de maior demanda, os colaboradores são distribuídos em até três turnos de trabalho, totalizando 24 horas de produção diárias. Tem como missão oferecer alimentos aos consumidores com segurança e sustentabilidade e sua visão concentra-se em expandir a participação no mercado e ser reconhecida como marca de qualidade.

Na planta industrial em questão existem duas fábricas, sendo a fábrica 01 destinadas a produção de biscoitos recheado e laminados, onde uma contém quatro linhas de produção de média capacidade produtiva com capacidade nominal de 50.000 Kg/ dia e a fábrica 02 contém duas linhas de alta capacidade produtiva com capacidade nominal de 130.000 Kg/dia. O estudo limitar-se à produção de recheado da fábrica 02.

A linha 01 é a linha destinada à produção dos biscoitos laminados, que são: Maisena, Maria, e os biscoitos salgados como Cracker e similares. A linha é dividida em área de masseira, laminação, forneamento, resfriamento, embalagem. Está linha tem a capacidade de produção de 60.000 Kg/dia.

Já a linha 02 é a responsável pela produção dos biscoitos recheados, tanto em formato quadrado quanto em formato redondo. Essa linha é dividida em masseira, moldagem, forneamento, resfriamento, recheadora e embalagem. Atualmente a linha

está em processo de *up line*, e está rodando em cerca de 48% da capacidade máxima de produção, produzindo em média 33.000/dia.

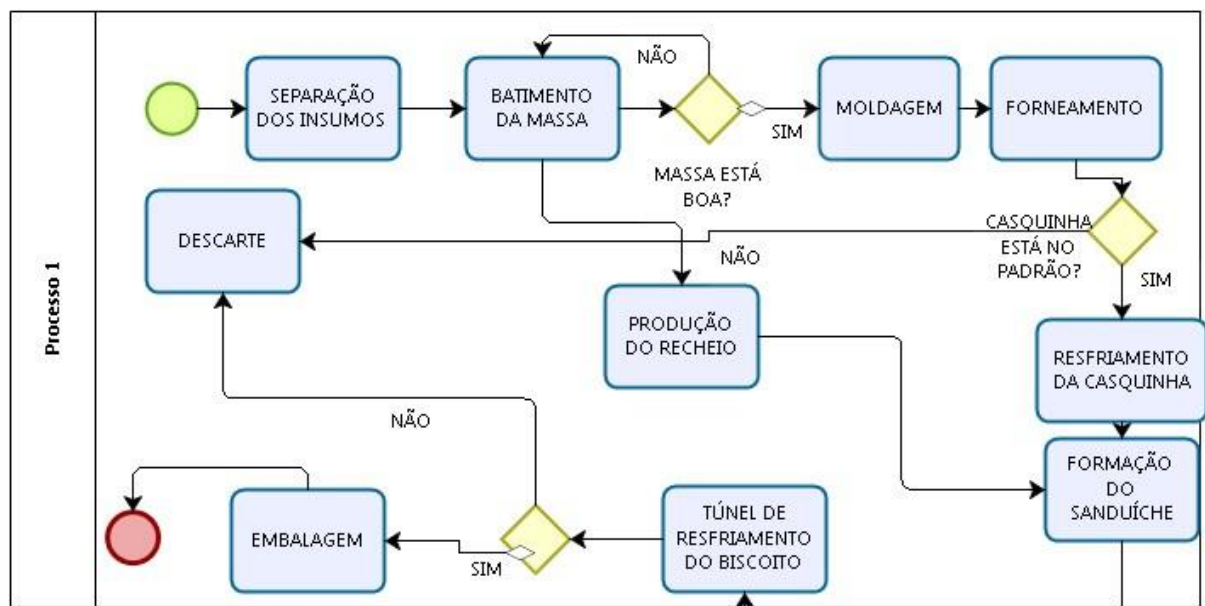
4.1 SISTEMA PRODUTIVO ATUAL

Em empresas com alto volume de produção, pequenos retrabalhos gerados dentro da produção trazem um impacto expressivo para o financeiro da empresa, e pode ser um dos maiores responsáveis por ineficiência e prejuízos dentro do sistema produtivo. Ou seja, indústrias de alto porte, onde as escalas alcançadas pela produção são numericamente expressivas, perdas trazem impactos relevantes para o resultado final da empresa (GOMES, 2015).

Com isso é importante realizar o estudo do processo para que possa ser compreendido as etapas necessárias para a transformação da matéria-prima em produto acabado (PA), para que com o entendimento mais detalhado do processo, ser possível focar nos pontos onde existe uma maior influência para o problema estudado no trabalho.

A figura 3, mostra o fluxograma explanando as principais atividades do processo de fabricação do biscoito e seu recheio.

Figura 3: Fluxograma do processo produtivo



Fonte: O autor (2020)

Para iniciar o processo de fabricação do biscoito recheado, é realizada a separação das matérias prima que são utilizadas na preparação das massas. Feita a separação dos insumos, são colocados dentro de uma bateadeira industrial, onde será feito o batimento dos mesmos, e formando a massa que será colocada em linha na linha de produção.

Uma vez pronta a massa é feita uma análise de temperatura e textura para ver se ela saiu em um bom ponto de batimento, pois caso a mesma termine o processo de batimento com uma temperatura alta ou com uma textura enxuta ou muito mole, não é possível lançar na linha de produção, pois geraria produtos fora do padrão de especificação, e dessa forma é realizada uma tentativa de correção voltando à etapa de batimento.

Quando atende as especificações, então é transportada por carrinho para ser colocada no tombador da linha, que é uma espécie de funil onde a mesma é colocada e então iniciado o processo de moldagem para que seja formada a casquinha no formato desejado e printado o desenho do biscoito. Paralelamente o recheio é preparado em um setor ao lado, que posteriormente será incorporado ao processo, na etapa de formação do sanduíche.

Após passar pelo rolo moldador, o biscoito é levado por meio de esteiras para o forno para o que a massa possa ser assada e parâmetros de qualidade sejam atendidos como espessura, umidade, textura, coloração da casquinha sejam atendidas.

Ao concluir essa etapa a casquinha passa por uma longa lona de resfriamento, pois caso o recheio fosse colocado na casquinha com a temperatura que ela sai do forno, quebraria facilmente a mesma, impossibilitando a formação do sanduíche. Após a casquinha resfriar ela entra nas calhas da recheadora, onde será formado em um processo totalmente automatizado o sanduíche do biscoito, que consiste em duas casquinhas e uma quantidade específica de recheio, e é justamente nessa etapa que o recheio é incorporado ao sistema de produção. Caso o biscoito fique fora do padrão de especificação, que pode ser por quebra da casquinha na formação do sanduíche, ou subpeso do produto, é feito o descarte do produto, que será destinado para um moinho de reprocesso para que futuramente seja incorporado no processo de fabricação da casquinha.

A etapa que segue o processo é a de resfriamento do sanduíche, que passa por um túnel com temperaturas em torno de 4 graus centígrados, para que possa dar uma maior consistência ao recheio, visto que esse é inserido no processo na forma pastosa, e para que possa ser embalado o biscoito precisa que ele fique em uma consistência mais densa. Ao fim dessa etapa é feita mais análises dos biscoitos, e caso ele chegue a essa etapa quebrada, é feito a separação para que possa ser reprocessado e incorporado no processo. Finalizando essa etapa, o biscoito é embalado e enviado para expedição para ser destinado para o cliente final.

4.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

No mês de outubro de 2019 foram contabilizadas um estoque de produto destinado a reprocesso de 310.000 Kg de produto que foram destinados para reprocesso e estava parado esperando para serem reprocessados. Destes 310.000 Kg cerca de 80% era referente a produtos recheado. Considerando o valor de R\$3,63/KG isso gera uma perda de aproximadamente R\$900.00,00

Diante desse cenário vários fatores influenciam na geração de reprocesso, fatores tais que foram analisados com o auxílio de ferramentas da qualidade como FMEA, Diagrama de ISHIKAWA, e com isso pode-se focar nos problemas que mais impactam o sistema produtivo. No caso específico da empresa foi percebido que o fator que mais impactava era a variação da casquinha do biscoito, tanto em relação à sua espessura, como em formato, largura, textura, etc. A figura 4 mostra um exemplo de produto fora do padrão de qualidade, que causava grandes perdas ao longo do processo.

Figura 4: Exemplo da falha na moldagem do biscoito



Fonte: o autor (2020)

Diante disso, o problema no qual o trabalho focou seus esforços no alto índice de reprocesso gerado na linha de biscoitos recheado. Este problema tem impactado de forma significativa a organização em relação aos seus resultados, tanto no atingimento das metas de produção proposta pelo PCP, quanto em relação ao custo do produto final, o que acarreta problemas financeiros para a empresa. O reprocesso da linha é causado por diversos fatores ao longo do processo de fabricação e embalagem, e atualmente o índice da linha encontra-se em média de 27%.

É possível observar uma perda por reprocesso, uma vez que o produto deve sair dentro dos padrões de especificação da empresa e da legislação. Com isso a empresa tem perdido bastante dos seus recursos, com o reprocessamento dos produtos não conforme

Após concluído a determinação do objetivo principal, iniciou-se a implantação da metodologia DMAIC e mediu-se o índice de reprocesso da linha durante mês de agosto 2019. Portanto os dados de agosto 2019 (antes do início do projeto) e julho de 2020 (após a implementação das ações de melhoria) foram comparados e após a conclusão do projeto foi possível fazer um confronto entre os dados anteriores e os novos e ver se as medidas tomadas reduziram o índice de reprocesso gerado na linha.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este tópico do trabalho visa realizar o estudo do processo produtivo do biscoito recheado aplicando a metodologia DMAIC, para assim colocar em prática elementos do Seis Sigma na linha produtiva em questão. Cada fase do método DMAIC é mostrada e explicada a fim de comprovar como o projeto trouxe benefícios para a empresa em termos de redução do reprocesso gerado pela produção.

5.1 DEFINIR

Essa é uma fase importantíssima dentro da metodologia do DMAIC, pois é nela onde são definidos os objetivos do projeto e com isso, a equipe pode focar seus esforços nas ações a fim de alcançá-los e dessa forma poder nortear a metodologia Seis Sigma. Para tal definição foram utilizadas foi a voz do cliente, pois a partir das respostas captadas pelos clientes da empresa (clientes esses definidos como gestores de diversas áreas como planejamento da produção, gestão da produção, gerente da qualidade, diretor da empresa) foi possível definir o objetivo principal do projeto.

O problema mais impactante da empresa de acordo com as respostas foi o alto índice de geração de reprocesso gerado da linha de biscoitos. Portanto o projeto tem como objetivo central a redução em 30% a geração de reprocesso na linha de biscoitos recheados, e desta forma equilibrar as perdas da produção com o consumo do reprocesso no produto.

5.2 MEDIR

Desta forma com o problema, objetivos e metas bem determinados, seguiu-se a fase de medir o estado atual do sistema para decidir quais medidas serão avaliadas para quantificar o problema. Esta medição é importante para verificar o sistema de medição e estabelecer o sistema de medição para a coleta de dados confiáveis para a análise futura. A medição é uma atribuição numérica para o cenário atual.

Ao se analisar os dados referente à geração de reprocesso dentro da linha, pode-se ver o alto índice de produto destinado a retrabalho em relação ao total produzido. A tabela 1 tem-se os dados do reprocesso por dia de produção, atrelado ao total produzido. Uma observação importante é que os dados foram coletados em

relação aos três turnos da empresa, feita no mês anterior ao projeto e também a porcentagem calculada na tabela foi calculada dividindo o total de reprocesso gerado pelo total de produto acabado.

Tabela 1: dados do reprocesso referente ao mês de agosto de 2019

AGOSTO/19			
DIA	TOTAL DE REPROCESSO DO DIA	TOTAL PRODUZIDO NO DIA	REPROCESSO/PRODUZIDO
1	4.379,49	12.199,2	36%
2	5.868,2	8.999,94	65%
3	2.260	962,0	235%
4	2.746,24	15.787,2	17%
5	5.576,04	15.069,6	37%
6	2.413,22	9.360,0	26%
7	1.401,87	14.098,5	10%
8	2.286,65	4.283,0	53%
9	4.750,51	11.685	41%
10	4.650,26	23.891,7	19%
11	4.232,14	19.955,7	21%
12	4.991,44	19.304,1	26%
13	3.759,5	15.616,8	24%
14	4.728,65	20.462,4	23%
15	5.882,4	17.043,36	35%
16	5.320,04	5.013,72	106%
17	1.487	11.488,8	13%
18	4.060,93	9.519,6	43%
19	2.887,5	13.069,2	22%
20	4.181,14	17.634,3	24%
21	4.136,53	20.569,44	20%
22	4.384,33	15.395,7	28%
23	2.609,1	19.574,4	13%
24	3.826,15	24.420,0	16%
25	3.302,87	7.777,8	42%
26	1.711,13	12.600,5	14%
TOTAL	97.833,33	36.5782	27%

Fonte: o autor (2020)

Na tabela 1 é possível observar que em agosto de 2019, o real impacto que o reprocesso gerou para a empresa, onde 27% de tudo que foi produzido foi perdido e encaminhado para o reprocesso, fazendo com que o produto necessite ser retrabalhado e com isso fazendo-o ficar mais caro para a empresa. Portanto significa dizer que para cada 100 produtos feitos, 27 tem algum tipo de avaria que o impossibilita de ir ao consumidor. Isso é algo que afeta diretamente de forma negativa os indicadores de eficiência da linha tal como a eficiência geral (GE). Após a conclusão do inventário foi encontrado o valor de 310.000 Kg de biscoito entre biscoitos laminados e recheados, o que representava mais de um milhão de reais de produto que poderia ter sido transformado em produto acabado e ter sido vendido, porém estava estocado para ser reprocessado.

5.3 ANALISAR

O objetivo desta etapa é entender melhor os fenômenos no processo produtivo, e assim a maneira como acontece a relação de causa e efeito. Inicialmente foi realizado um *Brainstorm* para levantar possíveis causas de reprocesso no processo. Para resolução do problema, inicialmente foi limitada dentre as possíveis causas da geração de reprocesso da linha, as que são causadas no setor de fabricação, dessa forma limitando-se aos fatores de variação na espessura da casquinha do biscoito, casquinha travando na recheadora, entrega não conforme pela mesa multiplicadora, biscoito travando nas calhas, biscoito com umidade alta.

Portanto, o foco do projeto foi atuar em cima da variação da casquinha para que dessa forma, pudesse ser conseguido um resultado mais expressivo. Nessa fase do projeto foram utilizadas algumas ferramentas como *Brainstorm*, FMEA, ISHIKAWA, o que possibilitou uma análise dos problemas e a partir dos resultados encontrados fosse possível focar nas causas mais impactantes.

No momento da aplicação do FMEA, foi feita uma nova entrevista com os operadores, para que pudesse ser realizada uma análise do quanto cada problema influencia na geração de reprocesso, portanto assim, ser realizado um ranking, e consequentemente um filtro para abordar principal problema causador do reprocesso.

A tabela 2 mostra o FMEA realizado pela equipe, e consequentemente o ranking dos problemas, para que houvesse uma ordem de priorização na hora da

aplicação das ferramentas para resolução dos problemas. A escala utilizada para o cálculo do NPR foi:

- Ocorrência 0 se nunca aconteceu e 10 se acontece todos os dias.
- Gravidade 0 se não traz impacto para o reprocesso e 10 se gera muito reprocesso (acima de 15 kg por minuto).
- Detecção 0 se facilmente identificável o problema e 10 se muito difícil de identificar.

Tabela 2: FMEA da geração de reprocesso

FMEA - GERAÇÃO DE REPROCESSO					
	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	GRAVIDADE	NPR	RANKING
BISCOITO TRAVANDO NAS CALHAS	6	3	9	162	2º
ALTA UMIDADE	3	5	6	90	3º
CASQUINHA TRAVANDO NA RECHEADORA	3	2	10	60	5º
ENTREGA NÃO CONFORME NA RECHEADORA	5	2	8	64	4º
VARIAÇÃO DA ESPESSURA DA CASQUINHA	7	6	8	336	1º

Fonte: O autor (2020)

Feita essa nova entrevista, foi definido que o problema de variação espessura era o maior causador de reprocesso, seguido de biscoito travando nas calhas da recheadora, biscoito com umidade alta, entrega não padronizada pela mesa multiplicadora e pôr fim a casquinha quebrando na recheadora.

Para identificar as possíveis causas da variação da espessura da casquinha do biscoito recheado foi realizado outro *Brainstorms* com os operadores responsáveis por cada atividade do processo de fabricação, dos três turnos da produção visando eliminar os possíveis vieses e tentar encontrar os problemas raízes e inerentes a todos os turnos para dessa vez levantar as possíveis causas da variação da espessura da casquinha do biscoito.

Para facilitar essa estruturação das possíveis causas do problema de variação da espessura, foi elaborado um diagrama de Ishikawa, onde foram levantados vários pontos para que fosse levantado um plano de ação para a resolução do problema. A

figura 5 mostra o diagrama de Ishikawa feito pela equipe identificando as possíveis causas da variação da espessura do biscoito.

Figura 5 :Diagrama de Ishikawa



Fonte: o autor (2020)

A partir do resultado do Diagrama de Ishikawa, foi possível ter uma explanação do problema como um todo, levando em conta as possíveis causas e a natureza da mesma. Com essa visão sistemática de todos os possíveis causadores da variação da espessura da casquinha do biscoito, foi possível criar o plano de ação, visando focar as causas raízes do problema.

Além disso, foram realizadas algumas medidas de temperatura dos insumos que são adicionados para a preparação das massas, a fim de analisar se existe algum tipo de influência dos mesmos em relação ao desempenho do processo. Esta análise é importante pois uma massa de biscoito moldado ela precisa estar em valores próximo à 26 graus, pois caso a massa esteja com temperaturas muito superior a essa acaba sendo desenvolvido o glúten da massa, o que interfere negativamente no desempenho do processo. Nas Tabelas 3 e 4 é possível visualizar as medições realizadas nos insumos e com as métricas definidas pelo P&D, como padrão da temperatura dos insumos como entrada e a massa como resultado das medições.

Tabela 3: Aferições de temperaturas dos insumos

ÁGUA (°C)	AÇÚCAR INVERTIDO (°C)	MASSA (°C)
--------------	-----------------------------	---------------

7,46	33,46	27,46
7,58	36,58	27,58
7,10	35,10	27,10
8,12	35,12	26,12
7,41	33,41	28,41
6,76	34,76	26,76
7,44	33,44	27,44
5,57	36,57	26,57
8,47	34,47	27,47
8,93	33,93	27,93
8,05	34,05	26,05
6,37	35,37	28,37
8,57	36,57	26,57
6,81	33,81	28,81
7,20	33,20	27,20
5,84	34,84	27,84
5,03	33,03	27,03
9,00	37,00	28,00
5,28	35,28	28,28
8,09	34,09	28,09
5,17	34,17	28,17
5,02	35,02	28,02
6,23	34,23	27,23
8,13	34,13	27,13
6,55	34,55	27,55
6,17	36,17	26,17
8,93	34,93	26,93
8,44	35,44	28,44
8,36	34,36	27,36
8,20	33,20	27,20
8,13	33,13	28,13

Fonte: o autor (2020).

Tabela 4: Variação média temperaturas dos insumos

MÉDIA ÁGUA (°C)	MÉDIA AÇÚCAR INVERTIDO (°C)	MÉDIA MASSA(°C)
7±2	35±2	27±2

Fonte: O autor (2020)

5.4 MELHORAR

Para esta fase do projeto foram definidas as ações a serem tomadas para resolução dos problemas e assim foi elaborado um plano de ações com as ações

necessárias a serem postas em pratica assim como seu responsável, tanto pelo acompanhamento do andamento da ação quanto o responsável pela execução da mesma.

Inicialmente foi sugerida a criação de novos pontos de controle durante o processo, com medidas mais precisas, e que gerassem uma ação para resolver os possíveis problemas nesse ponto, pois, o que se foi verificado era que os operadores não estavam fazendo a verificação da medida, por não entenderem o real motivo e importância da verificação do processo e anotavam-se os números nas planilhas que existem para controle de forma independente, ou seja, muitas vezes, não faziam os testes para obter os resultados e anotava valores que supostamente atestam que a casquinha estava boa.

Foi também solicitado um termômetro para que pudesse ser aferidos as temperaturas de alguns insumos chave como água, açúcar invertido e gordura, que podem afetar de forma drástica o ponto da massa na saída do batimento e da própria massa após o batimento, para atestar que ela saia numa temperatura especificada que seria a uma temperatura próxima dos 26 graus, pois antes não se fazia essas aferições, e o ponto da massa ficava a critério subjetivo do operador da masseira.

Para combater o método ineficiente de controle das pesadas que vem do pré-mix, foi criado uma etapa de conferência de todos os insumos antes de se colocar na massa, garantindo assim um maior grau de certeza que não haverá erro na preparação das massas, além de uma diferenciação da cor dos sacos aonde vem cada insumo, para minimizar os erros em massas por falta de insumo nos kits de pesadas, pois agora o operador, mesmo que seja novato tem um quadro com a descrição de cada cor e seu respectivo insumo, e com isso, erros de massa por algum insumo faltando foi sanado, pois o operador sabe que precisa ver certa quantidade de cores de insumo, e caso uma esteja faltando ele já sabe o que é.

Além disso, foi criado um procedimento padrão operacional (POP) para o batimento das massas e preparação dos micros ingredientes, pois havia diferenciação na maneira com que cada operador realizava a atividade, fazendo com que o produto sofresse muita variação entre os turnos de produção.

Para solucionar o problema de compactação dos insumos, foi diminuído o tempo que o insumo passava sem ser utilizado no chão de fábrica, porque esse

abastecimento era feito de forma não planejada, e tinha insumos que passavam mais de um mês no setor, o que com as condições ambientais da empresa, causava a compactação do mesmo. Então foi trabalhado junto ao PCP, para que fosse realizado um refinamento na matéria prima que realmente será utilizada durante a semana, e que esse abastecimento fosse realizado três vezes por semana, nas segundas, quartas e sábados, garantindo dessa forma um menor tempo do insumo dentro do ambiente fabril.

Para solucionar o problema da falha da moldagem foi sugerido uma automatização de uma atividade que já é realizada na operação que é o operador ficar com um instrumento de cano longo ficar espalhando a massa que cai na moldadora, porém que em algumas vezes passa despercebido pelo operador que houve uma má distribuição de massa do esfarelador para o rolo moldador e causa falta de massa nas pontas do rolo, o que faz haver uma má formação da casquinha afetando tanto esteticamente quanto em características de especificação a mesma. Além disso foi solicitada a troca da faca de limpeza do rolo moldador que era de nylon por um de alumínio, pois o desgaste do mesmo era menor e dessa maneira deixaria de forma padrão a casquinha do produto o que é mostrado na figura 6.

Figura 6: Ilustração das facas de limpeza do rolo moldador



Fonte: autor (2020)

Na figura tem-se a imagem da faca de nylon (faca da parte superior da imagem) que foi substituída por uma de metal (faca da parte inferior da imagem) para melhorar a etapa de moldagem do biscoito. Após minimizar o problema da variação da espessura do biscoito entre valores muito distantes, percebeu-se que algumas outras ações poderiam serem tomadas além dessas ações focadas na espessura do biscoito. Então foram realizadas algumas outras intervenções de cunho mais geral envolvendo outros setores da empresa como manutenção.

Uma ação tomada foi instalação de válvulas de expansão eletrônicas nas zonas de resfriamento do biscoito, pois foi visto um ponto de melhoria nesta etapa do processo. A figura 7 mostra o painel do túnel de resfriamento e suas temperaturas antes da troca das válvulas e a figura 8 as temperaturas após a troca.

Figura 7: Imagem das temperaturas das zonas do túnel de resfriamento.



Fonte: autor (2020)

Figura 8: Imagem das temperaturas das zonas do túnel após melhoria.



Fonte: o autor (2020).

A instalação dessa válvula melhorou o fluxo de gás, portanto evitando o congelamento dos componentes e o aumento das temperaturas de forma expressiva. Esse congelamento dos componentes ou a alta temperatura causa um grande problema que era a saída do biscoito nessa etapa mole, pois como estavam congelados os componentes os mesmos não realizavam suas funções em relação ao resfriamento do recheio e assim as máquinas empacotadoras quebravam os biscoitos. Outra ação tomada foi a criação de um evento chamada academia de biscoito. Esse evento consiste em um dia inteiro de curso dado aos operadores de pontos relevantes ao processo.

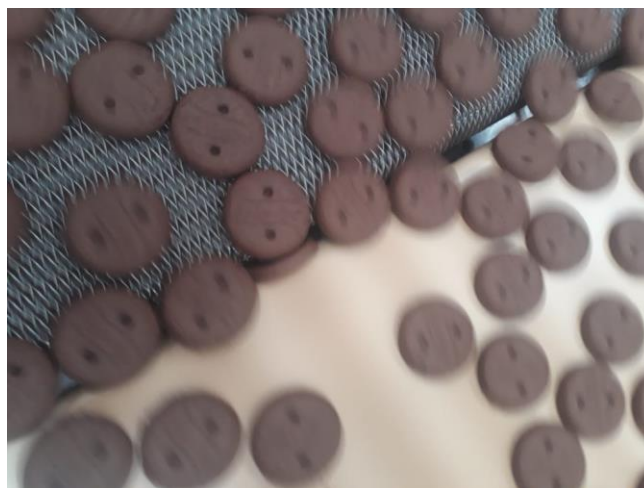
Para minimizar o problema do biscoito travando nas conexões das lonas de resfriamento figura 10, foi realizado um trabalho de nivelamento das alturas de uma lona para outra, pois foi visto que durante a instalação da lona foi deixado uma mais alta do que a outra, o que causava uma não conformidade na entrega dos biscoitos da lona do resfriamento para a recheadora e com isso acaba gerando outra não conformidade que era o travamento dos biscoitos na recheadora. Além disso foi feito o afastamento entre elas para que pedaços de biscoito quebrados que viesse do forno e caíssem por esse espaçamento. A figura 9 mostra o encontro das lonas e exemplifica o local onde foi realizado o nivelamento das lonas.

Figura 9: Imagem que mostra a ação de nivelamento da conexão das lonas.



Fonte: autor (2020).

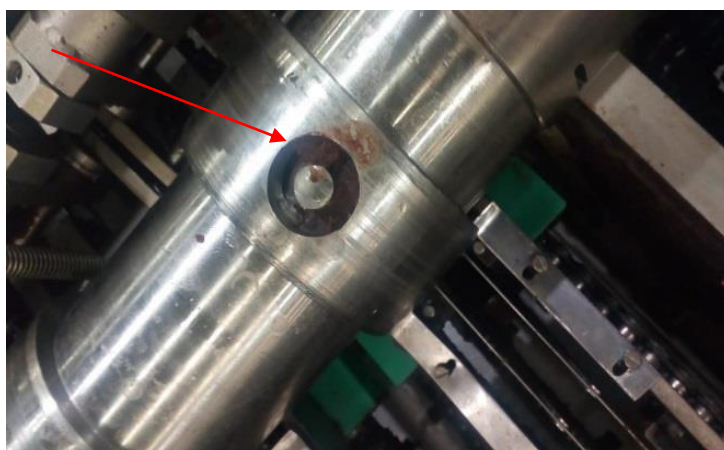
Figura 10: Demonstração dos biscoitos travando nas conexões das lonas



Fonte: autor (2020)

Para resolver o problema do entupimento do estêncil da recheadora, foi comprado um moinho de açúcar para a fábrica, o que permitiu o açúcar que já foi moído passasse menos tempo entre o momento que ele foi moído até seu uso na massa. Conjuntamente foi aplicado o FIFO dos paletes de açúcar para que dessa forma fosse minimizado a incidência de gomos de açúcar no estêncil. A figura 11 mostra o estêncil entupido com gomos de açúcar em sua saída.

Figura 11: Imagem do estêncil entupido por gomos de açúcar pedrado



Fonte: autor (2020)

5.5 CONTROLE

Após a implementação das ações de melhoria proposta pela equipe do projeto sobre as causas dos problemas mais impactantes na linha de produção foi realizado um acompanhamento no período de 30 produções visando verificar se as ações foram eficazes. Essa verificação ocorreu na produção do mês de julho e agosto de 2020. A tabela 5 mostra os resultados obtidos da produção após a implementação das melhorias.

Tabela 5: Proporção da geração de reprocesso em relação ao total produzido na linha de produção

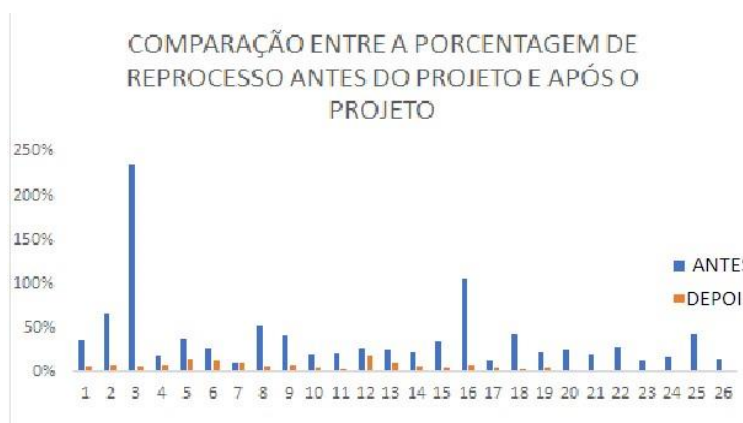
DIA	TOTAL DE REPROCESSO DO DIA	TOTAL PRODUZIDO NO DIA	REPROCESSO/PRODUZIDO
1	1.854,17	3.5386,8	5%
2	2.263,82	3.2240,7	7%
3	1.896,36	2.8627,8	7%
4	1.526,7	20.007,0	8%
5	3.738,63	27.476,4	14%

6	3.836,73	29.034,48	13%
7	1.402,05	15.132,0	9%
8	1.889,48	31.574,4	6%
9	2.213,62	29.577,9	7%
10	1.755,21	35.880,0	5%
11	597,33	19.446,6	3%
12	4.560,14	25.246,2	18%
13	2.939,3	31.109,4	9%
14	1.958,59	37.283,4	5%
15	942,21	22.209,6	4%
16	2.426,64	32.292,0	8%
17	1.587,85	34.939,2	5%
18	1.054,45	34.368,9	3%
19	325,37	6.720,9	5%
TOTAL	38.768,65	528.553,68	7%

Fonte: autor (2020)

A figura 12 mostra uma comparação da porcentagem de reprocesso gerado nos dias de produção entre o mês de agosto de 2019 e julho de 2020.

Figura 12: Comparação entre o antes e o depois do projeto.



Fonte: o autor (2020).

Com isso pode-se ver uma redução de 60% se for comparado o total em Kg gerado de reprocesso no mês anterior ao projeto e o mês de Julho de 2020, ou seja, a linha saiu de um total de mais de 97000 kg para pouco mais de 38000 Kg, ou em termos médios saiu de um valor de 3763kg para 2040 kg por dia de perdas, portanto uma redução de 45% de perdas médias por dia.

Em termos financeiro trouxe um impacto relevante para a empresa, visto que o preço médio do Kg do biscoito gira em torno dos R\$3,63/kg e uma redução dessa magnitude faz com que o custo do produto diminua, devido ao aumento da produção gerada com a diminuição das perdas. Só a título de exemplo, se for levado em consideração somente o mês analisado de Agosto de 2019 e Julho de 2020 uma redução de aproximadamente 59000 Kg de reprocesso gerado a um custo de R\$ 3,63, trouxe um impacto positivo para a empresa estimado em 214 mil reais, que outrora estava sendo perdido durante o processo e hoje não é mais perdido.

Logo ao se observar estes dados dos resultados, vê-se que houve uma redução significativa na variabilidade do processo, demonstrando assim que a aplicação do ciclo DMAIC e os elementos Seis Sigma foram eficazes para se alcançar a meta desejada e o bom desempenho do processo.

5.6 AVALIAÇÃO GERAL DO PROJETO

Esta seção serve para uma análise e validação da eficácia do projeto em termos de redução da variável desejada, que no caso do referido projeto se relaciona ao índice de reprocesso gerado na linha de produção do biscoito recheado tipo redondo, comparando-se a performance antes do início do projeto e após o projeto.

Nesta avaliação precisamos avaliar e comparar as médias dos cenários antes e após o projeto, considerando as seguintes hipóteses: H_0 as médias da geração de reprocesso antes e depois do projeto são iguais. Então inicia-se a avaliação utilizando a análise das estatísticas descritivas dos dados. Para ser possível fazer testes que envolvam médias é necessário atender o critério de normalidade dos dados, e para tanto foi utilizado o teste de ANDERSON DARLING, no qual é o teste default do software Minitab, o qual foi utilizado no trabalho.

Considerando um nível de significância de 5% o teste rejeitou a hipótese de os dados seguirem uma distribuição normal. Logo, não se pode utilizar métodos de comparação concernentes à estatística paramétrica. Neste sentido precisamos seguir a análise através de testes estatísticos não paramétricos.

Para o presente projeto utilizaremos o teste de Mann-Whitney o qual é um teste baseado na comparação entre as medianas. Inicialmente o teste calculou a mediana antes a após as melhorias no processo 3561,7 Kg e 1892,9 Kg respectivamente e com

isso procurar estatisticamente uma diferença entre as mesmas. A partir do teste é possível obter as seguintes saídas:

Teste deu como saída um intervalo de mediana para $\eta_1 - \eta_2$ de (733,7 a 1945,3) Kg. Para um nível de significância de 5% o teste nos coloca que devemos rejeitar a hipótese nula, que no presente teste indica a igualdade entre as medianas e com isso temos argumentos estatísticos para afirmar que as medianas antes do projeto e após são diferentes. Mais detalhes das estatísticas obtidos através do software Minitab versão 18 são mostradas no anexo 1 deste trabalho.

6 CONCLUSÃO

Este estudo de caso apresenta a aplicação da metodologia DMAIC integrando com fragmentos do Seis Sigma para resolver o problema da geração de reprocesso na linha de produção de biscoito recheado. Em um contexto organizacional é necessário que todos os envolvidos na empresa, desde as pessoas que fazem a atividade até as pessoas de outros departamentos devem trabalhar de forma a obterem um único objetivo, que é o crescimento da empresa no mercado, possibilitando assim a produção de melhores produtos a um custo menor.

Com a aplicação do DMAIC integrando elementos do Seis Sigma foram produzidos resultados melhores em relação ao histórico dos dados existentes referente ao mês de agosto de 2019, confirmando os objetivos gerais e específicos definido no capítulo 1 deste trabalho. Como foi observador o projeto conseguiu atingir sua meta, onde inicialmente tinha-se uma meta de redução de 30% da geração de reprocesso e foi alcançado uma redução de 60%, o que em valores monetários pode-se estimar cerca de 214 mil reais de economia apenas se comparado os dois meses citado. Com isso vê-se a eficácia da metodologia diante da aplicação no contexto industrial.

Além dessas melhorias o trabalho trouxe uma bagagem técnica para empresa muito destacada pela gestão da empresa, onde outros projetos foram desencadeados a partir desse e com isso vários setores da empresa obtiveram melhorias com seus respectivos projetos. Logo a alta gestão da empresa entendeu a importância da capacitação dos seus líderes e com isso vem investindo em mais capacitação para os mesmos assim como pretendem continuar com as ações implementadas pelo grupo.

O trabalho trouxe resultados expressivos tanto em termos de redução de reprocesso quanto em aumento da capacidade. Assim, é sugerida a continuação do acompanhamento dos resultados, visando gerar conhecimento para a equipe e podendo em momentos oportunos identificar novas oportunidades de melhoria. Um ponto importante a ressaltar foi o curto prazo de acompanhamento dos resultados após o projeto, o que se faz necessário um maior tempo de acompanhamento dos resultados apresentado pela linha de produção. Outra sugestão do trabalho é um estudo econômico acerca do projeto, levantando todos os custos das implementações e assim permitir levantar indicadores como Benefício/custo e poder entender em quanto tempo o projeto retornou todos os investimentos para a empresa, assim como

uma análise de correlação entre os dados de temperaturas de massa e água coletado pelo trabalho, para uma validação dos resultados encontrados.

Vale destacar que o projeto mesmo não utilizando o Seis Sigma em sua totalidade devido fatores de tempo de projeto assim como custo para implementação dos mesmos, nem possuindo uma estrutura completa da equipe do Seis Sigma como Champion, Black Belts, e outros conseguiu resultados muito bons em suas aplicações.

REFERÊNCIAS

- ALMANNAI, B.; GREENOUGH, R.; KAY, J. **A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies.** Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 24, n. 4, p. 501-507, 2008.
- ANTONY, Jiju. **Can Six Sigma be effectively implemented in SMEs?**. International journal of productivity and performance management, 2008.
- AUGUSTO, Cleicleide Albuquerque et al. **Pesquisa Qualitativa: rigor metodológico no tratamento da teoria dos custos de transação em artigos apresentados nos congressos da Sober (2007-2011).** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 51, n. 4, p. 745-764, 2013.
- BALAKRISHNAN, Anant et al. **Document-centered information systems to support reactive problem-solving in manufacturing.** International Journal of Production Economics, v. 38, n. 1, p. 31-58, 1995.
- BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações.** São Paulo: Atlas, 2010.
- BETTS, Alan; et al. **Gerenciamento de operações e de processos Princípios e práticas de impacto estratégico.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BRITO, Francisco Oliveira et al. **A manufatura enxuta e a metodologia seis sigma em uma indústria de alimentos.** 2008.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da qualidade no estilo japonês.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1992.
- CARPINETTI, L.C.R., **Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas.** São Paulo, Atlas, 2010.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012
- DAVIS, Mark M.; CHASE, Richard B.; AQUILANO, Nicholas J. **Fundamentos da administração da produção.** Bookman, 2001.
- DE SOUSA, THALES BOTELHO; MARCHIZELLI, CORNELIO LUIZ; TAROCO, DOUGLAS. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UM ESTUDO DE CASO.** 2012.
- DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens.** In: **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens.** 2006. p. 432-432.
- DORA, Manoj et al. **Operational performance and critical success factors of lean manufacturing in European food processing SMEs.** Trends in food science & technology, v. 31, n. 2, p. 156-164, 2013.

EHIE, Ike; SHEU, Chwen. **Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study**. Journal of Manufacturing Technology Management, 2005.

FERNANDES, Marcelo Machado; TURRIONI, João Batista. **Six Sigma project selection: an application in an automotive industry**. Production, v. 17, n. 3, p. 579-591, 2007.

FULLER, Howard T. **Observations about the success and evolution of Six Sigma at Seagate**. Quality Engineering, v. 12, n. 3, p. 311-315, 2000.

GARVIN, D. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**./trad. Eng. João Ferreira Bezerra de Souza. Rio de Janeiro: QualityMark, 1992.

Gil,A.C. **Research Techniques in Economics and Preparation of Monographs**, 4th ed., Atlas, São Paulo. 2002.

GOMES, Rhaeder Limão. **Controle de processos produtivos em uma indústria de alimentos**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HUNG, Hsiang-Chin; SUNG, Ming-Hsien. **Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost**. Scientific Research and Essays, v. 6, n. 3, p. 580-591, 2011.

JAIN, Rakesh; LYONS, A. C. **The implementation of lean manufacturing in the UK food and drink industry**. International Journal of Services and Operations Management, v. 5, n. 4, p. 548-573, 2009.

JURAN, Joseph M. **Controle da qualidade: componentes básicos da função qualidade**. McGraw-HillMakron, 1991.

KANJI, Gopal K. **Reality check of six sigma for business excellence**. Total Quality Management, v. 19, n. 6, p. 575-582, 2008.

KESSLER, Rafael Motta. **A implantação do Seis Sigma em organizações: motivações de escolha e resultados obtidos**. 2004.

KUMAR, Maneesh; ANTONY, Jiju. **Comparing the quality management practices in UK SMEs**. Industrial Management & Data Systems, 2008.

LINDERMAN, Kevin et al. **Six Sigma: a goal-theoretic perspective**. Journal of Operations management, v. 21, n. 2, p. 193-203, 2003.

LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da Qualidade**. 1ª Ed. São Paulo: Érica, 2010

LONGO, Rose Mary Juliano. **Gestão da qualidade: evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação**. 1996..

MANLEY, Duncan. **Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals: Manual 1: Ingredients**. Woodhead Publishing, 1998.

MANLEY, Duncan. **Biscuit, Cookie and Cracker Manufacturing Manuals: Manual 4: Ingredients**. Woodhead Publishing, 1998.

M. EFSTRATIADIS, ARGIRO C. KARIRTI, IOANNIS S. ARVANITOYANNIS, Michalis. **Implementation of ISO 9000 to the food industry: an overview.** International journal of food sciences and nutrition, v. 51, n. 6, p. 459-473, 2000.

MORAES, Débora. **Aplicação da metodologia Lean Six sigma na unidade de massas de uma indústria alimentícia do Oeste do paraná.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MORETTO, Eliane; FETT, Roseane. **Processamento e análise de biscoitos.** Livraria Varela, 1999.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa.** 2012.

PABLE, Anant; LU, Susan; AUERBACH, Joshua. **Integrated qualitative/quantitative techniques for food product quality planning.** Journal of Food Quality, v. 33, n. 1, p. 112-129, 2010.

PACHECO, Diego et al. **18 comparative aspects between Lean and Six Sigma.** International Journal of Lean Six Sigma, 2015.

PALADY, Paul. FMEA: **Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram.** Imam, 2004.

PATIL, Suhas Vijay; RAO, K. Balakrishna; NAYAK, Gopinatha. **Quality improvement of recycled aggregate concrete using six sigma DMAIC methodology.** International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, v. 5, n. 6, p. 1409-1419, 2020.

PLENTZ, Marcelo. **Estudo de caso para melhoria de eficiência produtiva de linha de produção em uma indústria de alimentos.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Ed.** Editora Feevale, 2013.

PUTRA, Novreza Utama; WANG, Fu-Kwun. **Integrating quality function deployment and failure mode and effect analysis in subcontractor selection.** Total Quality Management & Business Excellence, v. 31, n. 7-8, p. 697-716, 2020.

ROTONDARO, G. R. et al. B; Ho, LL; Carvalho, MM; Braz, AA; Balestrassi, PP (2002). **Six Sigma: Management Strategy for Improving Processes, Products and Services,** São Paulo, Atlas.

SALIBA, Bruno Truglio; LIMA, Eric Tiaki Endo. **Aplicação de conceitos Lean Seis Sigma para empresas de pequeno e médio porte.** 2008.

SILVA, Marcos Meurer da et al. **Aplicação da metodologia seis sigma para melhoria contínua da qualidade em uma indústria alimentícia.** 2019.

TEIXEIRA, Lara Michelli Gomes et al. **Uso do controle estatístico de processos (cep) em indústrias de alimentos–revisão.** 2018.

TUPY, Oscar; SERILLO, Juliana Aranha. **Eficiencia Produtiva de Frigorificos e Laticinios no Brasil**. 2006.

WAINER, Jacques et al. **Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação**. Atualização em informática, v. 1, p. 221-262, 2007.

WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura lean seis sigma**. Elsevier Brasil, 2012.

ANEXO A- TESTE DE VALIDAÇÃO NO MINITAB

Identificação de Distribuição para Performance antes da melhoria

Gráfico de Identificação de Distribuição para Performance antes da mel

Estatísticas Descritivas

N	N*	Média	DesvPad	Mediana	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
50	0	3502,55	1239,13	3561,72	934,3	5882,4	0,0008589	-0,608546

Teste de Qualidade de Ajuste

Distribuição AD P

Normal 0,134 0,978

Estimativas de MV dos Parâmetros da Distribuição

Distribuição	Localização	Forma	Escala	Limite
Normal*	3502,55240		1239,12539	

* Escala: Estimativa de MV ajustado

Identificação de Distribuição para Performance após da melhoria

Gráfico de Identificação de Distribuição para Performance após da melhoria

Estatísticas Descritivas

N	N*	Média	DesvPad	Mediana	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
30	0	2362,46	1613,88	1892,92	325,37	7498,35	1,62757	2,98687

Teste de Qualidade de Ajuste

Distribuição AD P

Normal 1,335 <0,005

Estimativas de MV dos Parâmetros da Distribuição

Distribuição	Localização	Forma	Escala	Limite
Normal*	2362,46200		1613,87999	

* Escala: Estimativa de MV ajustado

Teste de Mann-Whitney e IC: Performance antes; Performance após

N Mediana

Performance antes da melhoria 50 3561,7

Performance após da melhoria 30 1892,9

A estimativa pontual para $\eta_1 - \eta_2$ é 1344,6

O IC percentílico de 95,0 para $\eta_1 - \eta_2$ é (733,7;1945,3)

D = 2407,0

Teste de $\eta_1 = \eta_2$ versus $\eta_1 \neq \eta_2$ significativo a 0,0001

ANEXO B- QUESTIONÁRIO APLICADO PARA VOZ DO CLIENTE

Questionário realizado pela equipe para a voz do cliente.

1. O que você espera que esse projeto traga de melhoria para a empresa?
2. Como esse projeto pode atender as expectativas dos seus patrocinadores?

Principais respostas

- Elevação da qualidade e garantia da segurança dos produtos fabricados;
- Padronização do produto;
- Atingimento ao programado;
- Redução de perdas;
- Redução de custos através da redução do reprocesso;
- Padronização do processo;
- Organização do setor como consequência da redução das áreas ocupadas pelo reprocesso;