



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia
Produção, Administração e Economia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



Fernando de Freitas Teixeira

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA
QUALIDADE NA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA
INDÚSTRIA DO RAMO ALIMENTÍCIO**

Ouro Preto

2023

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO ALIMENTÍCIO

Fernando de Freitas Teixeira

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Ouro Preto.

Data da aprovação: 27/03/2023

Área de concentração: Engenharia da Qualidade

Orientador: Prof. Dr. Yã Grossi Andrade – UFOP

Ouro Preto

2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

T266a Teixeira, Fernando de Freitas.
Aplicação de ferramentas de gestão da qualidade na redução de desperdícios em uma indústria do ramo alimentício. [manuscrito] / Fernando de Freitas Teixeira. - 2023.
37 f.: il.: , gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Yã Grossi Andrade.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Desperdício (Economia). 2. Controle da qualidade total. 3. Six sigma (Padrão de controle de qualidade). 4. Gêneros alimentícios. 5. DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). I. Andrade, Yã Grossi. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Fernando de Freitas Teixeira

Aplicação de ferramentas de gestão da qualidade na redução de desperdícios em uma indústria do ramo alimentício

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 27 de março de 2023.

Membros da banca

[Dr.] - Yã Grossi Andrade - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dr.] - Fidélis Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau (Universidade Federal de Ouro Preto)
[M.Sc.] - Thamara Paula dos Santos Dias - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Yã Grossi Andrade, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 28/03/2023



Documento assinado eletronicamente por **Ya Grossi Andrade, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/03/2023, às 10:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0499249** e o código CRC **CB25F16C**.

“A expectativa é o maior impedimento para viver: leva-nos para o amanhã e faz com que se perca o presente.”

Sêneca.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao professor Yã, por sua orientação, apoio e instrução ao longo deste trabalho. Aos professores Fidéllis e Thamara, meu profundo agradecimento por prontamente aceitarem participar da banca avaliadora e por generosamente contribuírem para o aprimoramento deste trabalho.

Agradeço também a todos os professores que fizeram parte da minha jornada acadêmica, em especial a professora Auxiliadora e ao professor Gustavo, cuja orientação foi fundamental para a conclusão desta etapa. Não posso deixar de mencionar a Universidade Federal de Ouro e a Escola de Minas, por fornecerem os recursos essenciais para a realização deste percurso acadêmico.

Minha gratidão se estende aos colegas de turma, muitos dos quais agora considero amigos e amigas. Muitos desempenharam papel crucial ao longo desta jornada, muitas vezes, desafiadora. Agradecimento especial a Bia, Isabela, Naiara, João Victor, Thamires, Alexandre, Deborah, Andreia, Francine e aos amigos da República Casaca, que me acolheram diversas vezes.

Agradeço ao Núcleo de Tecnologia e Informação da UFOP (NTI) e aos colegas de trabalho, pela oportunidade, paciência, acolhimento e ensinamentos que recebi durante o período em que fui bolsista nesta instituição. À empresa júnior de Engenharia de Produção - PROJET, agradeço pelas amizades construídas e lições aprendidas. E ao Instituto Tecnológico Vale (ITV), agradeço a oportunidade do estágio e valiosos ensinamentos compartilhados. Especialmente agradeço ao Ricardo Celestino e Rúbia Telles por sua orientação e exemplo profissional.

Quero dedicar um agradecimento especial à minha família, em particular à minha avó, Dona Penha, por todo o apoio incansável. E obrigado Layra, sua companhia e carinho nos momentos finais foram inestimáveis.

A todos os outros que, por limitações de espaço, não mencionei aqui, saibam que sua influência foi significativa em minha jornada. Agradeço imensamente por tudo que fizeram.

RESUMO

O desperdício de alimentos é um problema mundial e várias iniciativas são estudadas em diferentes áreas do conhecimento com objetivo de reduzi-lo. Parte do desperdício atribuído à indústria ocorre durante o processamento dos alimentos. A evolução da indústria em termos de gestão e melhoria de processos trouxe conceitos como Manufatura Enxuta, Seis Sigma, Melhoria Contínua e outros que mudaram o comportamento da indústria. Os problemas de desperdício passaram a ser vistos como geradores de custos, ineficiência e perda de lucratividade. Foi observado na empresa XYZ produtora de molhos e condimentos que as perdas de óleo durante o primeiro trimestre de 2022 estavam 60% acima da quantidade orçada para o ano. Assim, o presente trabalho utiliza as ferramentas da gestão da qualidade apoiada na metodologia DMAIC para propor melhorias de processos. Para tal, buscou-se reduzir os desperdícios da categoria de produtos embalados em filme laminado, conhecidos como *pouch*, que representam cerca de 55% do volume da unidade fabril analisada. Ajustes nos dados foram realizados e com auxílio da ferramenta Diagrama de Ishikawa e Gráfico de Pareto observou-se que o desperdício era gerado principalmente em decorrência de problemas no equipamento responsável pelo tombamento das embalagens. Como plano de ação foram propostas a restrição de acessos a modificação de parâmetros das máquinas e criação de um Procedimento Operacional Padrão (POP) uma vez identificado que durante a troca da bobina que as intervenções vinham acontecendo.

Palavras-chaves: Desperdícios, Ferramentas da qualidade, Metodologia DMAIC, Setor Alimentício, Melhoria Contínua

ABSTRACT

Food waste is a problem, and several initiatives are being studied in different areas of knowledge to reduce it. Part of the waste attributed to the industry occurs during food processing. The industry evolution in process management and improvement brought concepts such as Lean Manufacturing, Six Sigma, Continuous Improvement, and others that changed the industry behavior. Waste problems began to reveal as cost generators, inefficiency, and loss of profitability. It was observed in XYZ company, a producer of sauces and condiments, that oil losses during the first quarter of 2022 were 60% above the budgeted amount for the year. Thus, the present work uses quality management tools supported by the DMAIC methodology to propose process improvements. To this end, the waste of the packaged products category in laminated film, known as pouches, represent about 55% of the analyzed production unit's volume, was targeted for reduction. After data adjustments, Ishikawa Diagram and Pareto Chart recognize that waste was generated due to problems with the equipment responsible for tipping the packaging. As a plan of action, access to machine parameter modifications was restricted, and a Standard Operating Procedure (SOP) was created, once it was identified that interventions were occurring during the coil changeover.

Keywords: Waste, Quality tools, DMAIC methodology, Food sector, Continuous Improvement

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo DMAIC	8
Figura 2 - Ciclo PDCA.....	10
Figura 3 - Correspondência entre o PDCA e DMAIC.....	11
Figura 4 - Símbolos de um fluxograma básico.....	14
Figura 5 - Exemplo Gráfico de Pareto.....	17
Figura 6 - Diagrama de Ishikawa	18
Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo	22
Figura 8 - Comparativo entre desperdício orçado e desperdício real	24
Figura 9 - Diagrama de Ishikawa - Causa de perdas de processo	28
Figura 10 - Gráfico de Pareto para principais motivos de perdas produto (linhas <i>pouch</i>)	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contrato do Projeto.....	25
Tabela 2 - Pontos positivos e desafios do projeto.....	26
Tabela 3 - Principais problemas para perda de processo	27

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivo Geral	3
1.1.2	Objetivos Específicos.....	3
2	Revisão Bibliográfica.....	4
2.1	Contexto Geral.....	4
2.2	Seis Sigma	4
2.3	Metodologia DMAIC.....	7
2.3.1	Etapa D (<i>Define</i>) - Definir	8
2.3.2	Etapa M (<i>Measure</i>) – Mensurar	8
2.3.3	Etapa A (<i>Analyze</i>) – Analisar	8
2.3.4	Etapa I (<i>Improve</i>) – Melhorar	9
2.3.5	Etapa C (<i>Control</i>) – Controlar.....	9
2.4	A relação entre DMAIC e o ciclo PDCA.....	10
2.5	Aplicação do DMAIC no setor alimentício.....	12
2.6	Ferramentas de qualidade utilizadas no projeto	13
2.6.1	Fluxograma	13
2.6.2	Carta do Projeto (<i>Project Charter</i>).....	14
2.6.3	Tempestade de ideias (<i>Brainstorming</i>)	15
2.6.4	Gráfico de Pareto	16
2.6.5	Diagrama de Ishikawa.....	17
3	Metodologia.....	18
4	Estudo de Caso.....	20

4.1	Caracterização da empresa.....	20
4.2	Descrição do Processo Produtivo.....	20
4.3	Descrição do Problema	22
5	RESULTADOS DE DISCUSSÕES.....	23
5.1	Aplicação da Metodologia DMAIC	23
5.1.1	Etapa Definir	23
5.1.2	Etapa Mensurar.....	25
5.1.3	Etapa Analisar	28
5.1.4	Etapa Melhorar.....	29
5.1.5	Etapa Controlar	30
6	Conclusão	31
6.1	Limites da pesquisa e pesquisas futuras	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O cenário competitivo na indústria é moldado à medida que estamos inseridos em uma economia globalizada. Desta forma, as empresas que apresentarem maior eficiência em seus processos terão vantagens competitivas e estarão preparadas para atender um mercado que se torna mais exigente a cada dia.

No entanto, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2022), houve uma diminuição de produtividade na maioria dos setores da indústria brasileira entre 2007 e 2018. Parte da explicação, segundo o próprio IPEA (2022), é devido benesses concedidas pelos governos. São casos de subsídios e incentivos fiscais a alguns setores da indústria nacional, o que geralmente leva à comodidade e falta do senso de urgência em procurar soluções capazes de elevar a eficiência. Como resultado, a competitividade em relação aos concorrentes internacionais diminuiu. Para os pares internacionais que não possuem incentivos de seus governos, produzir bens e serviços melhores com custos menores é uma questão de sobrevivência dessas empresas no mercado.

A importância do setor alimentício pode ser retratada em número. Segundo o relatório de balanço anual do setor alimentício, a contribuição do setor com o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro é de aproximadamente 10,8%. Desta forma, é o maior setor industrial do país com geração de 1,8 milhão de empregos. Além disso, o Brasil é o segundo maior exportador de alimentos industrializados em volume e o quinto em valores. O setor alimentício contribui com 83,9% do saldo total da balança comercial brasileira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS - ABIA, 2023).

Do ponto de vista econômico, os números do setor alimentício impulsionam o desenvolvimento do país. Logo, é importante garantir que o setor seja capaz de fornecer produtos de qualidade, competitivos e acessíveis à população.

Segundo Werkema (2011), é consenso para muitas empresas que implementar um programa de melhoria da qualidade tem potencial para eliminar desperdícios, reduzir variabilidade nos processos, índices de produtos fora da especificação e garantir ao consumidor elevada sensação de satisfação com o produto. Ao longo dos anos, diferentes técnicas e metodologias de gestão surgiram com o mesmo objetivo

de reduzir os desperdícios que acontecem nos processos de manufatura. Entre as metodologias e modelos de gestão utilizados, destacam-se *Just in Time* (JIT) ou Produção Enxuta, a Gestão da Qualidade Total, do inglês, *Total Quality Management* (TQM), Kaizen, Seis Sigma, dentre outros. Todos com o objetivo de ajudar as empresas a mitigar problemas de qualidade.

Na indústria alimentícia, os desperdícios decorrem de manuseio inadequado, deficiências na estrutura do armazenamento e refrigeração e problemas relacionados às embalagens dos alimentos. No que diz respeito à segurança dos alimentos, existem preocupações adicionais relacionadas às fraudes alimentares, falta de rastreabilidade, corrupção e carência de tecnologia avançada (YADAY *et al.*, 2022).

Neste trabalho, foi estudado a relação da indústria alimentícia com a qualidade sob duas perspectivas. A primeira abordará a metodologia Seis Sigma e DMAIC como alternativas para investigar a solução de problemas assim como a relação com o desperdício na indústria e, a segunda, a aplicação das ferramentas de qualidade de forma sistêmica na empresa XYZ que atua na produção de molhos e condimentos.

Do ponto de vista de escolha de metodologia, Carpinetti (2016) apresenta que o benefício de um projeto Seis Sigma aplicado a um processo de fabricação com altos custos da não qualidade é reduzir a dispersão dos resultados e ajustar a média do processo para próximo do ponto ótimo. Scatolin (2005) complementa, que são amplas as fronteiras que a metodologia Seis Sigma suporta e tem potencial para ser aplicada a qualquer modalidade e tamanho de empresa. Carpinetti (2016) reforça que uma característica marcante em projetos Seis Sigma é o método de desenvolvimento DMAIC, o anagrama de 5 letras representa as cinco etapas: definir, medir, analisar, melhorar (*improve*, em inglês) e controlar. Etapas pelas quais os projetos percorrem quando usada corretamente. Sua forma lógica, sistemática e de fácil compreensão poderá promover de forma eficaz um estudo de melhoria no ambiente aplicado (KUBIAK, 2013).

Em relação à segunda abordagem foram aplicadas, ao longo do estudo de caso, ferramentas da qualidade com suporte da metodologia DMAIC em uma empresa do setor alimentício. Uma equipe montada por colaboradores da empresa na estrutura de projetos Seis Sigma teve o objetivo de reduzir em o desperdício de matéria-prima nas linhas de produtos à base de óleo. A categoria analisada representa 55% do

volume de produção do total na unidade fabril analisada, sendo importante para gerar resultados significativos.

O presente trabalho é dividido em seis capítulos, incluindo esta introdução ao tema, objetivos gerais e específicos. O segundo capítulo consiste na Revisão Bibliográfica baseada em livros, artigos e revistas de modo a fundamentar conceitos explorados no projeto em estudo, como: gestão da qualidade, definição da metodologia Seis Sigma, método DMAIC e as ferramentas da qualidade utilizadas no estudo de caso. Posteriormente, no terceiro capítulo, descrição da metodologia utilizada. No quarto capítulo tem-se explorado o estudo de caso. O quinto capítulo constitui de uma discussão envolvendo as etapas desenvolvidas durante o projeto. Por fim, no sexto capítulo são exploradas as conclusões com sugestões para desenvolvimentos futuros.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

A partir das ferramentas da gestão da qualidade e aplicação de forma sistemática do método de desenvolvimento DMAIC, o objetivo principal do presente trabalho é propor um plano de ação para reduzir a variabilidade de um processo de manufatura em uma empresa do setor alimentício.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar e mensurar as causas do desperdício de óleo dentro da cadeia de produção em uma indústria do setor de alimentos;
- b) Aplicar ferramentas da gestão da qualidade apoiado pela metodologia DMAIC;
- c) Buscar alternativas para reduzir o desperdício de óleo no processo de manufatura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contexto Geral

Os autores Juran e DeFeo (2015) são defensores da ideia de que os métodos e ferramentas adotados para uma gestão voltada a qualidade é o fator em comum das organizações bem-sucedidas. O conjunto de métodos gerenciais voltados a qualidade garantem que seus produtos – bens, serviços e informações atendam às exigências dos clientes. Segundo Werkema (2021), produtos defeituosos são produzidos na presença da variabilidade e que para conhecer e analisar esta variabilidade, ferramentas estatísticas adotadas na gestão voltada a qualidade devem ser empregadas. E reforça que as ferramentas são utilizadas nas diversas etapas de metodologias de solução de problemas e melhoria de processos. São instrumentos para coleta, disposição e processamento de informações.

Palange e Dhattrak (2021) defendem que identificar etapas que não agregam valor em um processo produtivo e imprimir esforço para mitigar ou eliminar a etapa resultará em aumento de produtividade ou lucratividade com alguma economia associada a tarefa. Neste sentido, a melhoria da qualidade em processos de manufatura pode ser alcançada utilizando variados métodos como controle estatístico de processos, inspeção, zero defeitos, controle total da qualidade, Seis Sigma, Kaizen e outros (U-DOMINIC *et al.*, 2021).

2.2 Seis Sigma

A eficiência dentro dos processos de manufatura é primordial para garantir aos clientes melhores produtos, pelo preço justo e na velocidade necessária. Segundo Juran e DeFeo (2015), as organizações comprometidas em entregar bens e serviços de alta qualidade se sobressaem sob as demais. Em alguns setores com alta competitividade e margens baixas, a eficiência torna-se questão de sobrevivência da organização no longo prazo. Os autores reforçam que qualidade impacta nos custos operacionais, neste caso, qualidade significa menos erros, defeitos e falhas de campo. A consequência da maior qualidade é valorização dos clientes, repetição das compras, recomendação dos produtos para outros compradores em potencial e, desta forma, aumento das receitas e lucratividade.

Para os autores Pyzdek e Keller (2009), as estratégias de corte de custos tradicionais, em geral, possuem o efeito de reduzir o valor e qualidade de forma conjunta. Logo, o diferencial do Seis Sigma é identificar e eliminar custos que não agregam valor ao consumidor final.

O sigma é a letra do alfabeto grego usada por estatísticos para mensurar variabilidade de um processo. Segundo Montgomery e Runger (2021) um processo Seis Sigma em sua concepção é usado para descrever um processo com a média no mínimo seis desvios-padrão a partir dos limites de especificação mais próximos. No entanto, tem sido usado para descrever qualquer processo com uma taxa de defeito de 3,4 partes por milhão de unidades.

O *Lean Manufacturing* e o Seis Sigma são estratégias que se complementam e contribuem, conjuntamente, na melhoria de processos ao buscar eliminar desperdícios, excluir o que não agrega valor ao cliente enquanto gera velocidade no processo produtivo da empresa. Apesar das similaridades, como o foco na melhoria dos processos e decisões baseadas na análise de dados, as metodologias citadas são diferentes. O Seis Sigma tem como fortalezas seu método estruturado e ferramentas estatísticas em contrapartida o *Lean Manufacturing* poderá agregar com sua ênfase na melhoria da velocidade dos processos e redução do *lead time*. (WERKEMA, 2011).

Segundo Womack e Jones (2004), o antídoto ao desperdício seria o pensamento enxuto que é uma forma de gerar valor, alinhar as etapas e realizar as atividades de maneira eficaz.

Segundo Pyzdek e Keller (2009) a história do Seis Sigma tem seu início quando uma firma japonesa se tornou controladora de uma fábrica de televisores nos Estados Unidos por volta de 1970. Mudanças significativas foram realizadas na operação da unidade resultando na redução significativa de defeitos de produção. Nos anos 1980, os concorrentes da Motorola eram capazes de fabricar produtos de qualidade superior a preços menores. Quando então, o engenheiro e cientista que trabalhava no negócio de produtos de comunicação da Motorola, Bill Smith, idealizou os conceitos e métodos do Seis Sigma. Sua forte convicção, quanto ao sucesso do programa, foi providencial para cativar o CEO (*Chief Executive Officer*) na época, Bob Galvin. Desta forma, as condições foram criadas para que fosse implementado e se transformasse no principal

componente da cultura da Motorola. O lançamento aconteceu em uma palestra ministrada pelo CEO da empresa por meio de videotapes e memorandos em 15 de janeiro de 1987.

A adoção do Seis Sigma pela Motorola elevou sua reputação como líder em qualidade e rentabilidade, o que lhe rendeu o prêmio Malcolm Baldrige National Quality em 1988, tornando público o sucesso da metodologia.

O Seis Sigma se diferencia da abordagem de soluções de problemas do Controle da Qualidade Total (TQC) por sua orientação para obtenção de resultados em vez de ser apenas uma iniciativa de qualidade, pela liderança explícita da alta administração, pela existência de um roteiro estruturado e pela mensuração financeira dos resultados. Os princípios do Seis Sigma e suas ferramentas são encontrados na literatura de famosos pensadores da área de qualidade como W. Edwards Deming e Joseph Juran e os resultados do Seis Sigma são superiores quando observados pela perspectiva de negócio (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2000).

O Seis Sigma tem o potencial de melhorar a qualidade e rentabilidade de uma empresa, uma vez que é capaz de reduzir o percentual de fabricação de produtos defeituosos fabricados, aumentar a satisfação de clientes, diminuir o tempo exigido no desenvolvimento de novos produtos, reduzir estoques e atrasos na entrega, bem como os custos envolvidos, além de aumentar o rendimento dos processos e o volume de vendas (HARRY e SCHROEDER, 2000).

Desde sua introdução pela Motorola, o Seis Sigma passou por modificações significativas. Uma dessas mudanças foi a substituição da abordagem anterior MAIC (*Measure, Analyze, Improve, Control*) pelo método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) na condução de projetos Seis Sigma. Além disso, surgiu o método DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*), que é empregado em projetos cujo objetivo é o desenvolvimento de novos produtos e processos (ANTHONY e ANTONY, 2022).

Werkema (2011) reforça que dentre as abordagens de gestão da qualidade de processos, o Seis Sigma é notável por seu uso de dados na identificação de defeitos, além de suas ferramentas e técnicas estatísticas. Segundo U-Dominic *et al.* (2021), a literatura existente quanto ao futuro da abordagem Seis Sigma na manufatura sugere

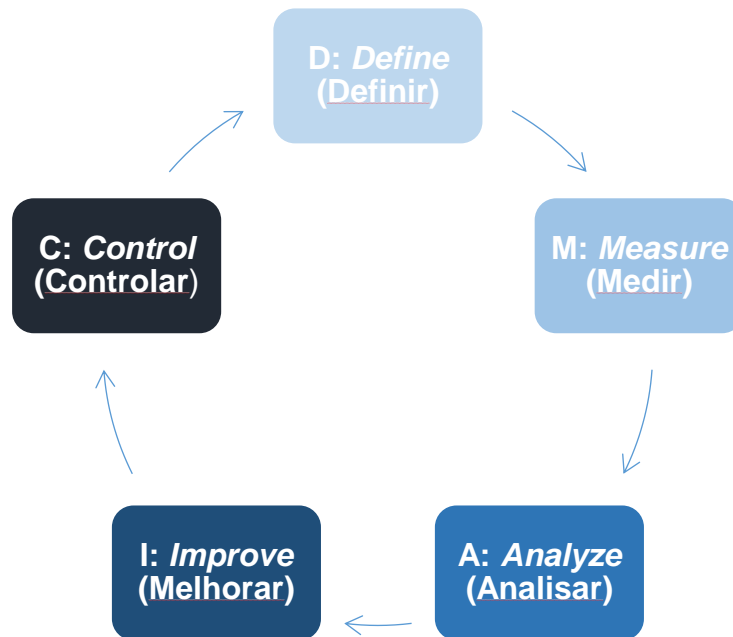
sua importância na quarta revolução industrial para uma melhoria de processos assertiva.

2.3 Metodologia DMAIC

Uma das chaves para o sucesso do Seis Sigma é a aplicação do método DMAIC para desenvolver projetos de melhoria. A utilização do DMAIC como metodologia proporciona uma estrutura sistemática de solução de problemas que ajuda as organizações a identificar, analisar e eliminar defeitos. (WERKEMA, 2011). Segundo os autores Palange e Dhattrak (2021) a técnica é voltada para qualidade que apoiada em dados busca reduzir variações dos produtos.

Segundo Pande, Newman e Cavanagh (2000), a ferramenta mais comum de melhoria contínua é o ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) apresentado por W. Edwards Deming e o DMAIC tem uma base semelhante. Mas com a diferença de que pode ser utilizado tanto na melhoria de processos existentes quanto na criação de novos. Kubiak (2014) atribui o sucesso e amplo uso da metodologia por ser de fácil compreensão, lógico e completo, conforme representação gráfica apresentado na Figura 1 - Ciclo DMAIC. Kwak e Anbari (2006) reforçam que o DMAIC é um ciclo fechado que elimina etapas improdutivas.

Figura 1 - Ciclo DMAIC



Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

2.3.1 Etapa D (*Define*) - Definir

De forma resumida, Kwak e Anbari (2006) reforçam que o processo chave desta fase é definir os requisitos e expectativas dos clientes, delimitar o escopo do projeto e mapear o processo observado. É necessário levantar todos os problemas da empresa para então realizar a escolha em função do impacto sendo importante etapa para que todo o time de projeto tenha um claro entendimento da entrega necessária.

2.3.2 Etapa M (*Measure*) – Mensurar

Para entender a causa raiz dos problemas da organização e ser assertivo nas tratativas é necessário, nesta fase, coletar dados de performance do processo para métricas primárias e secundárias e garantir entendimento e estabelecer qual é a performance atual (KUBIAK, 2014). Harry e Schroeder (2000) acrescentam que as empresas devem entender a natureza e propriedades da coleta e reporte dos dados. Entender onde podem acontecer e qual o impacto da falta de medidas nos resultados dos projetos.

2.3.3 Etapa A (*Analyze*) – Analisar

Nesta fase, os parâmetros medidos são analisados. Pande, Newman e Cavanagh (2000) resumem que nesta fase são identificadas, desenvolvidas e validadas as

hipóteses relacionadas ao problema principal que o projeto se propõe a mitigar. O time do projeto deve verificar os processos críticos e entender quais problemas vão precisar ser eliminados ou consertados. Por fim, Harry e Schroeder (2000) concluem que o problema da empresa se torna um problema estatístico. Desta forma devem ser respondidas as perguntas: "O problema é esporádico ou persistente? O problema é tecnológico ou intrínseco ao processo?"

2.3.4 Etapa I (*Improve*) – Melhorar

Segundo Pyzdek e Keller (2009), o principal objetivo desta fase é implementar o novo sistema depois de considerar, caso exista várias propostas, qual é prioridade neste momento. Carroll (2016) complementa que a estratégia nesta fase dependerá do nível de conhecimento do processo, disponibilidade e característica dos dados, além da disponibilidade de recursos como pessoas e verba para executar as propostas. Kubiak (2014) compartilha o exemplo de um colaborador mal avaliado em sua análise de desempenho anual. Após identificar seus principais pontos de melhoria, seu plano de aprimoramento consiste em realizar cursos e treinamentos profissionais.

2.3.5 Etapa C (*Control*) – Controlar

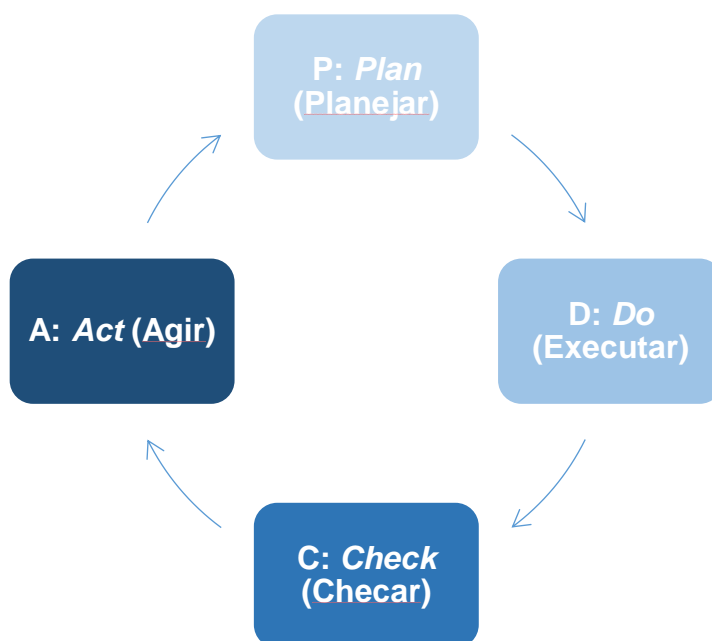
A última fase da metodologia DMAIC é a fase de controlar. Segundo Kubiak (2014), o objetivo desta fase é desenvolver um plano de controle para garantir que os ganhos implementados serão mantidos. Harry e Schroeder (2000) complementam que muitas organizações acreditam controlar seus processos, quando na verdade, estão apenas monitorando o resultado e focando no controle depois do ocorrido ao invés de antes de acontecer. E reforça que para qualquer organização atingir metas e objetivos e padronizar a melhoria é vital não só para aumentar lucros, mas promover eficiência.

Segundo Carroll (2016), de forma geral, um plano de controle precisa começar depois de implementação estiver completa. E é necessário desenvolver um plano de coleta de dados para confirmar que a solução encontrada continua cumprindo a função de gerar valor, comunicar e documentar. E complementa que ao encerrar um projeto é importante compartilhar as lições aprendidas, quais os custos do projeto em termos de esforço do time e investimentos além de sugestão de novos trabalhos.

2.4 A relação entre DMAIC e o ciclo PDCA

O ciclo PDCA é base para outros métodos de melhoria em qualidade e processos ao longo dos anos, assim como foi para o DMAIC (WERKEMA, 2021). Após revisão da literatura quanto a seleção de metodologias de melhoria de processos na manufatura, os autores Aichouni et al. (2021) reforçam a importância das metodologias e concluem que dentro das empresas de manufatura o PDCA e DMAIC são as metodologias mais apropriadas para melhoria de processos. Segundo Lélis (2018), o ciclo PDCA talvez seja uma das mais famosas ferramentas dentro dos sistemas de gestão da qualidade no que se refere a controle de processos. O ciclo pode ser observado na Figura 2 - Ciclo PDCA, cujas etapas são: P, *plan*, referente a etapa de planejamento, etapa D, *do*, para executar o plano de ação, etapa C, *check*, são realizadas verificações para confirmar a eficácia do plano de ação e para concluir a etapa A, *act*, de padronização das ações implementadas.

Figura 2 - Ciclo PDCA



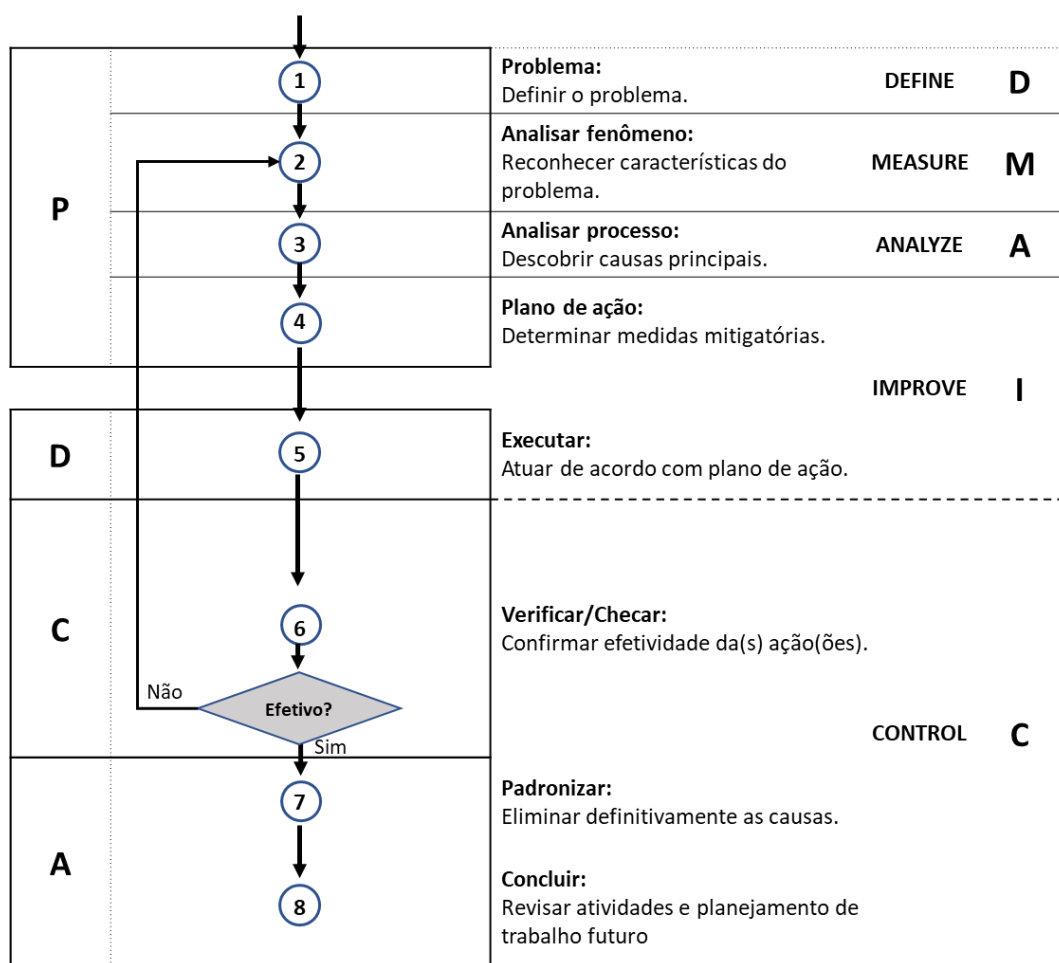
Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

Segundo Britto (2015), a partir de uma observação de não conformidade tem início o ciclo pela fase P, *plan*, na qual o objetivo é planejar a meta a ser alcançada e definir qual método para tratamento do desvio. A fase D, *do*, seria de capacitar e treinar colaboradores para execução do que foi planejado e coletar dados do processo após

aplicação das mudanças. A fase C, *check*, objetiva verificar e monitorar o progresso do plano e se os resultados estão alinhados com as metas. Caso as metas tenham sido atingidas, o ciclo termina na etapa A, *act*, com a padronização do procedimento de operação, caso contrário, o ciclo se inicia novamente.

Os métodos PDCA e DMAIC são complementares, conforme sumarizado na Figura 3.

Figura 3 - Correspondência entre o PDCA e DMAIC



Fonte: Adaptado de Werkema (2014)

Segundo Werkema (2014), o DMAIC propõe grande ênfase na etapa de planejamento e reforça que ter um roteiro detalhado das atividades é um dos pontos fortes da metodologia DMAIC não só quando comparado ao PDCA como a outros métodos aplicados na análise de solução de problemas e melhorias. Aichouni et al. (2021) destaca que a metodologia o DMAIC tem foco na redução de variações que

melhoram a capacidade dos processos. Por fim, os autores concluem que dentre as metodologias, o DMAIC é mais apropriado quando tratados problemas complexos.

2.5 Aplicação do DMAIC no setor alimentício

O setor de alimentos desempenha um papel vital em todo o mundo, com participação relevante na economia brasileira. No entanto, Moura (2021) analisa o contexto do setor ao analisar os dados divulgados pelas quatro maiores empresas do setor alimentício em balanços trimestrais dos resultados financeiros entre 2017 e primeiro semestre de 2021. A margem líquida dos maiores competidores do mercado não ultrapassou 5% durante o período observado. O trabalho da autora suporta o argumento de que para prosperar nesse ambiente é crucial ter um processo eficiente, com mínimo desperdício e garantir disponibilidade de entrega.

Chauhan et al., (2021) realizaram revisão de literatura quanto as abordagens de perda de alimentos e desperdício nas cadeias produtivas, dentre as quais destaca má administração de alimentos perecíveis, as atitudes de *stakeholders*, acordos comerciais e interrupção da cadeia. Yaday et al. (2022) contribui com exemplos como: impactos logísticos de manuseio e armazenamento inapropriado, interferência na qualidade da matéria-prima por parte do fornecedor com objetivo de benefício financeiro e falta de rastreabilidade.

Segundo Bugor e Lucca Filho (2021) ao revisar a aplicação do DMAIC em vários artigos acadêmicos, contata-se que sua utilização é ampla e abrange diversos setores e áreas, como fábrica de leite em pó, indústria de conservas, indústria de alimentos congelados, indústria de bebidas não alcoólicas e outras. Na visão dos autores é comum observar nos trabalhos revisados que a metodologia DMAIC pode ser utilizada isoladamente ou em conjunto com outras ferramentas, o que evidencia sua versatilidade garantindo um modelo de diagnóstico para resolução de problemas adaptados para realidade e complexidade de diferentes indústrias.

Oliveira (2020) aplicou a metodologia DMAIC em uma indústria de alimentos na fabricação de biscoito recheado com problemas de reprocesso na linha de produção. O autor relata a redução em 60% na geração de retrabalho, acima das metas propostas.

Silva et al. (2021) ao aplicar o DMAIC em uma fábrica de chocolates constatou um aumento das pequenas paradas devido ao desalinhamento dos bombons realizado de forma manual. Após ações realizadas pela equipe do projeto, houve um aumento da eficiência de processo em 23 pontos percentuais.

No entanto, segundo Costa (2019) ressalta, é importante destacar que a maioria dos estudos sobre o uso do DMAIC e do Seis Sigma no setor de alimentos surgiram inicialmente concentrados na Europa e Ásia, havendo ainda resistência por parte de equipes de gestão devido às características inerentes à indústria alimentícia. Portanto, há uma grande oportunidade para realização de estudos sobre a aplicação dessas metodologias no setor, visando a melhoria contínua dos processos e resultados.

2.6 Ferramentas de qualidade utilizadas no projeto

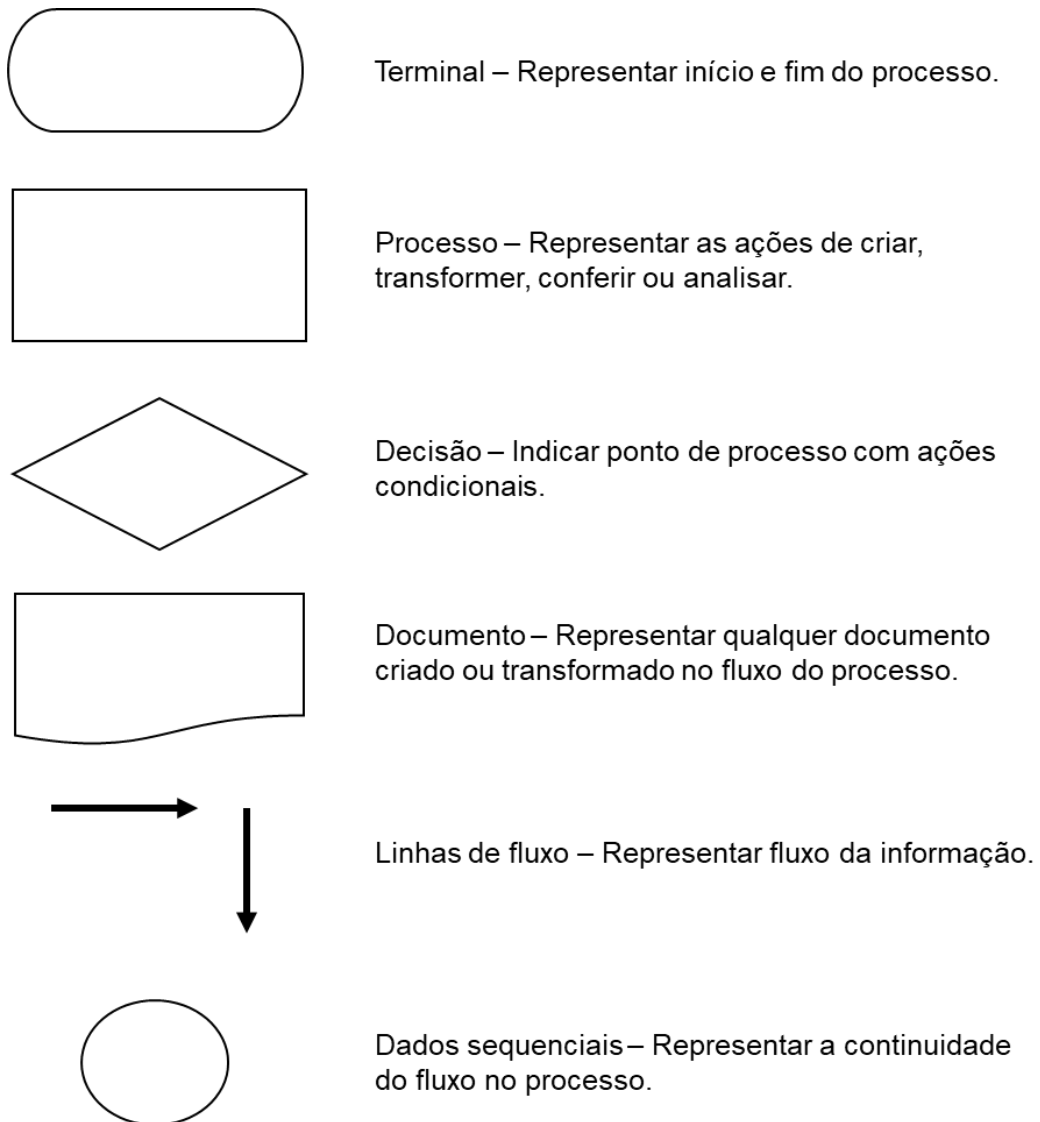
Em geral, todas as ferramentas básicas da qualidade buscam desmembrar causas gerais de variabilidade em causas específicas e são utilizadas para potencializar uso de novas estratégias de produção, como Produção Enxuta, Seis Sigma, bem como o modelo que unem os dois modelos, o *Lean Six Sigma* (PALADINI, 2019). Para Souza (2022), os métodos da qualidade além de identificar as causas, quantidade e frequência das falhas de um processo, auxilia a gestão, durante as tomadas de decisões na busca de tornar os processos da organização mais eficientes. Por fim, serão apresentadas nesta seção, as principais ferramentas utilizadas no estudo de caso.

2.6.1 Fluxograma

Segundo Juran e DeFeo (2015), a principal ferramenta de uma equipe de projeto para analisar e compreender um processo é por meio de um fluxograma do processo, também chamados mapas de processos. Uma vez concluído, a equipe dispõe de um ponto de partida para analisar e melhorar o processo. Paladini (2019) reforça que as representações gráficas das fases além de permitir a visão global elucidada a relação entre as etapas.

Segundo Camargo (2018), um fluxograma básico é representado por uma série de formatos geométricos. As formas geométricas mais comuns serão representadas na Figura 4 assim como suas respectivas funções:

Figura 4 - Símbolos de um fluxograma básico



Fonte: Adaptado de Carmago (2018)

2.6.2 Carta do Projeto (*Project Charter*)

Para que um projeto, formalmente, seja reconhecido dentro de uma organização é necessário desenvolver um documento a ser avaliado pela direção da empresa. A Carta do Projeto, do inglês, *Project Charter*, Termo de Abertura do Projeto (TAP) e tantos outros nomes segundo Project Management Institute – PMI (2014) é o processo de desenvolver um documento que objetiva autorizar a existência de um projeto dentro da organização e conceder ao gerente do projeto a autoridade para aplicar recursos da empresa às atividades do projeto.

Camargo (2018) reforça que não é aconselhável detalhar o Termo de Abertura do Projeto com descrições de entregas, atividades específicas ou estimativas de custo detalhadas, afinal, na etapa inicial o projeto está sujeito a várias mudanças.

No entendimento de Kerzner (2011), a carta do projeto deve no mínimo:

- Identificar o gerente do projeto e conceder autoridade para aplicar recursos da empresa no projeto;
- Explicitar a finalidade que o projeto busca atender, com premissas e restrições consideradas;
- Definir o projeto;
- Descrever o projeto;
- Objetivos e restrições
- Escopo do projeto;
- As principais partes interessadas e seus respectivos papéis;
- Riscos mapeados;
- Tipo de envolvimento das partes interessadas

No entanto, o autor reconhece que na prática, cada empresa, de acordo com seu entendimento e complexidade, opta por incluir determinados itens no termo de abertura.

2.6.3 Tempestade de ideias (*Brainstorming*)

Segundo Paladini (2019), o objetivo da técnica grupal é gerar ideias para solução de determinado problema apresentado por um facilitador em um período relativamente pequeno. Todas as ideias possuem igual peso, independente do conteúdo, validade, alcance ou viabilidade prática. Segundo o autor, a técnica possui algumas regras básicas:

- Não se deve criticar qualquer ideia apresentada;
- Escrever e relacionar as ideias expostas;
- Não discutir ou debater enquanto estiver na etapa de levantamento de ideias;
- Divulgar visualmente para todos os integrantes todas ideias;
- Evitar sentimento de posse com as ideias, incentivando possibilidade de melhorar uma ideia já proposta;

- Desenvolver a reunião em local apropriado.

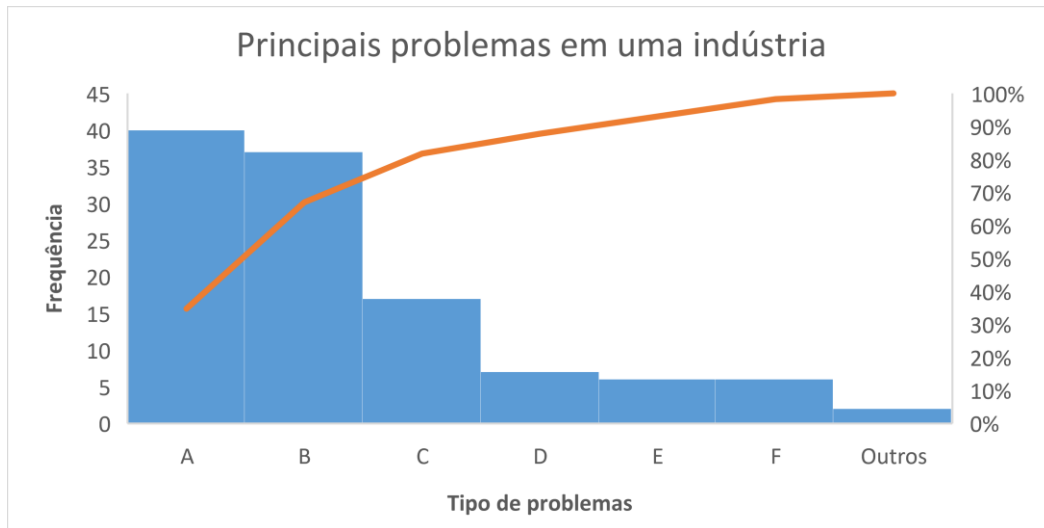
Segundo Lobo (2020), a escolha de usar a técnica de *brainstorming* parte da premissa que um grupo gera mais ideias do que os indivíduos isoladamente. Xavier (2018) complementa que a técnica poderá ser apresentada de forma estruturada, neste caso, pessoas seguem uma ordem preestabelecida e a variante não estruturada no qual os participantes são estimulados a expressar suas ideias à medida que acontecem. Por fim, o autor sugere que ao colocar pensamentos divergentes e em grande quantidade expõe ao máximo a inteligência do indivíduo e desbloqueia atitudes inibidoras do raciocínio criativo, uma importante fonte inovação.

2.6.4 Gráfico de Pareto

No processo de analisar a solução de problemas é importante entender que poucos aspectos contribuem significativamente com resultado esperado. Segundo Juran e DeFeo (2010), ao longo de séculos, o princípio de que nomeou como “poucos e muitos triviais”, do inglês, “*vital few and trivial many*” fora observado por vários autores em seu campo de trabalho. Vilfredo Pareto observou este fenômeno aplicado a distribuição de riqueza na Itália. Segundo o autor, sua contribuição é, aparentemente, ter sido o primeiro a identificar que o fenômeno pode ser observado em qualquer população, de vários campos de conhecimento diferentes, que contribuem a um efeito comum, uma parcela relativamente pequena desta população contribui para maior parte do efeito.

Segundo Werkema (2021), o gráfico de Pareto torna evidente e visual quais problemas devem ser priorizados na execução dos projetos. Da mesma forma, o gráfico poderá auxiliar a identificar as principais causas de um problema, conforme representado na Figura 5 Figura 5 - Exemplo Gráfico de Pareto. No entanto, o gráfico utilizado atualmente, segundo Juran e DeFeo (2010), foi desenvolvido por Lorenz em um trabalho de curva acumulativa de distribuição de riqueza em diferentes épocas na Prússia. Segundo Lorenz (1905), para representar graficamente a distribuição de riqueza em épocas distintas o correto é que ao longo de um dos eixos seja representado o percentual acumulado da população do mais pobre para o mais rico e no outro eixo o total de riqueza conferido a esta população.

Figura 5 - Exemplo Gráfico de Pareto

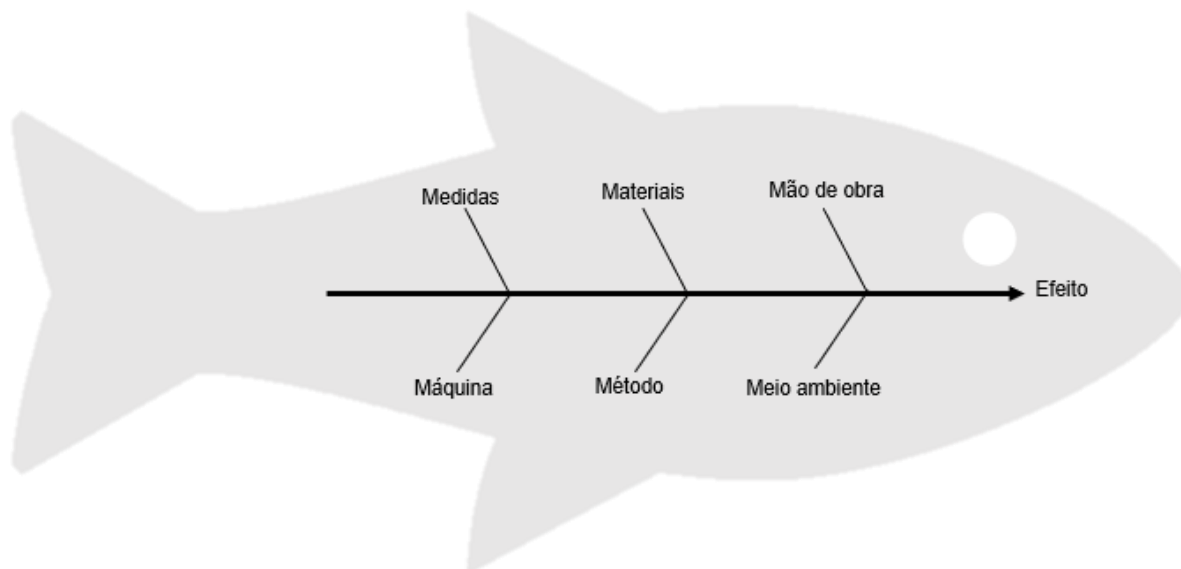


Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

2.6.5 Diagrama de Ishikawa

Segundo Carroll (2016), diante de um problema existente, uma das formas de receber informações do time, expandir o pensamento para considerar todos as possíveis causas, determinar se o problema foi corretamente identificado e fornecer de forma visual todas as possíveis causas do problema é através do uso das estruturas chamadas de diagramas de causa e efeito, também conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa. O diagrama recebe o nome em homenagem a Kaoru Ishikawa, desenvolvedor do método. Carroll (2016), complementa que para tal será necessário desenhar um diagrama em uma folha, definir um problema com uma frase curta ou única palavra e nomear categorias apropriadas ao problema, conforme apresentado na Figura 6. Segundo Limeira et al. (2015), temos também os 6 M's: material, método, medida, meio ambiente, máquina e mão-de-obra. A ferramenta é para identificar e conectar efeitos indesejáveis a uma causa atribuível, que pode ser tratada pelas equipes de projeto com implementação de ações corretivas adequadas para eliminar a variação identificada. (PMI. 2014; SILVA e CASAGRANDE, 2022),

Figura 6 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado de Limeira et al. (2015)

3 METODOLOGIA

Esse capítulo apresenta o propósito de pesquisa quanto à abordagem, objetivos, método de pesquisa, bem como informações quanto a coleta de dados realizada para alcançar os objetivos propostos.

Segundo Marconi e Lakatos (2022), método é um conjunto de ações sistemáticas e racionais e é responsável por guiar e auxiliar o cientista em sua pesquisa. Auxiliando-o a detectar erros e na tomada de decisões. É importante classificar as pesquisas uma vez que podem ser diferenciadas pela área de conhecimento abordada, propósito dentro da ciência, nível de explicação e métodos (GIL, 2017). Segundo Gil (2017), uma vez que o pesquisador é capaz de determinar a classificação da pesquisa, isto pode significar maximização de recursos e melhores resultados. O autor complementa que uma pesquisa pode ser avaliada quanto sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Martins et al. (2013) reforça a importância de definir a natureza da pesquisa bem como demais classificações e afirma que a aplicação rigorosa de um método científico é uma das etapas mais importantes no desenvolvimento da pesquisa científica.

Quanto ao método de pesquisa, este trabalho pode ser compreendido como um estudo de caso, uma vez que o trabalho analisa um fenômeno dentro de um contexto

real, sendo desenvolvidas análises com apoio da metodologia DMAIC, em uma indústria do setor alimentício, fabricante de molhos e condimentos. Por motivos de sigilo empresarial, neste trabalho são apresentadas características gerais, ou seja, sem informações detalhadas do produto, processos e fotos. Desta forma, a denominação durante o trabalho será por empresa XYZ. Do ponto de vista da natureza da pesquisa, pode-se classificá-la como aplicada, uma vez que a pesquisa é voltada para aquisição de conhecimento para aplicar na indústria em questão e propor soluções ao problema analisado.

Segundo propósitos mais gerais, o trabalho se caracteriza como uma pesquisa exploratória, pois, segundo Gil (2017) num primeiro momento, é improvável que o pesquisador tenha uma definição clara do que irá investigar, logo busca-se familiaridade com o problema, por meio de revisão bibliográfica, pesquisas e observações. Quanto a natureza dos dados, a abordagem da pesquisa tem o enfoque quantitativo. Segundo Marconi e Lakatos (2022), as técnicas comuns desta abordagem são entrevistas, questionários, formulários, observação, seleção de amostra, coleta e verificação dos dados e outros. Neste contexto, os dados foram concedidos pela empresa XYZ analisada.

Duas bases de dados foram utilizadas durante o projeto. O primeiro relatório constitui dados gerenciais que cruzam as informações, em período determinado, das entradas de matéria-prima para abastecer estoque, a quantidade necessária para produzir, conforme a receita a quantidade produzida de produto acabado e qual a real quantidade consumida no sistema. Desta forma, tem-se um relatório que indica as perdas de produção da indústria. Outra base de dados analisada consiste em dados informados pelo time do chão de fábrica, por meio de formulários de registro de acompanhamento de produção, contemplando problemas que ocorrem durante a jornada de trabalho, com divisão de turno e hora. As informações são referentes a produção, ao tempo em que cada uma das máquinas ficou indisponível aguardando ação corretiva de algum problema operacional ou manutenções sejam elas corretivas ou preventivas, qual o produto estava em produção e qual desperdício em quantidade de quilogramas (kg). Foram reunidos dados de janeiro 2022 a julho de 2022. Para resguardar os dados da empresa XYZ, os valores fornecidos foram multiplicados por um fator não revelado neste trabalho.

A aplicação do estudo foi estruturada apoiada na metodologia DMAIC e etapas pré-definidas. Na etapa de definir foi definido de forma específica o escopo do projeto em questão. Para tal, foi estabelecida a equipe responsável com elaboração da Carta do Projeto, definido o foco de trabalho nas linhas de envase em filme laminado por representar aproximadamente 55% do volume da unidade. Na etapa de análise, foram determinados, com ajuda do gráfico de Pareto quais problemas causam maior perda e em seguida utilizado diagrama de Ishikawa para relacionar as causas dos problemas e por fim, foram definidas propostas de melhoria para o processo.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Caracterização da empresa

A empresa XYZ atua no setor alimentício com as operações direcionadas para o ramo de condimentos. Possui unidade tanto no Brasil quanto em outros países do mundo com uma estrutura integrada, mas unidades fabris com produção de diferentes produtos da categoria.

No Brasil, encontra-se localizada na região centro-oeste e é considerada, segundo critério adotado para classificação dos estabelecimentos definido pelo SEBRAE (2013), uma indústria de médio porte com aproximadamente 400 (quatrocentos) colaboradores, dos quais 260 (duzentos e sessenta) em atuação produtiva direta, divididos em 3 (três) turnos.

Este estudo foi desenvolvido especificamente no processo de produção dos condimentos que passam pelo tipo de processo de pasteurização. Dentro da gama de condimentos produzidos na unidade, a decisão do autor tem o viés de direcionar esforços para o produto que possui maior demanda no mercado e que representa cerca de 55% do volume produzido na unidade.

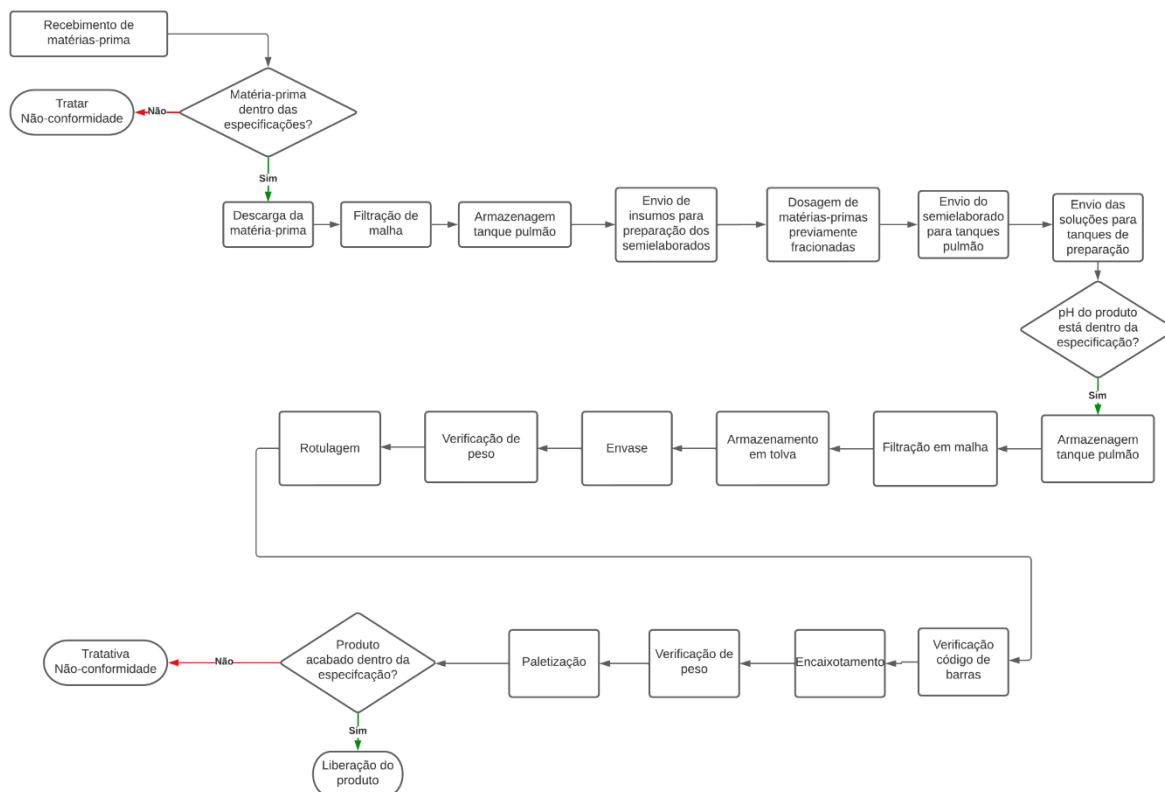
4.2 Descrição do Processo Produtivo

O processo de produção inicia-se com o recebimento das matérias-primas em concordância com requisitos de qualidade estabelecidos pela empresa e procedência exclusiva de fornecedores homologados. Na chegada do insumo acontece a retirada de uma amostra para análise de qualidade e inspeção do laudo fornecido pelo fornecedor, onde devem constar especificações dos insumos. Uma vez verificado que

o insumo se encontra dentro dos padrões de qualidade estabelecidos em especificação, ocorre a autorização de descarga. São duas abordagens de padrões observados. A primeira trata-se de uma característica do insumo testado em laboratório para gerar o resultado esperado pela receita e não haver diferença sensorial na experiência do cliente. No entanto, é responsabilidade da empresa garantir que as matérias-primas atendam aos limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, conforme as RDCs (Resolução da Diretoria Colegiada) publicadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Para os insumos líquidos que chegam à fábrica em caminhão tanque, o insumo é descarregado e atravessam por um filtro de malha para controle de perigos físicos, antes da armazenagem em tanques pulmão em temperatura ambiente. Na Estação de Tratamento de Água (ETA) da unidade, a água captada em poços subterrâneos passa pelo processo de filtração e é armazenada em tanque pulmão para posterior uso nas etapas de solução intermediária. O processo de solução intermediária tem início com a dosagem controlada via medidor de vazão de água potável, resfriada e tratada, ingredientes previamente fracionados e sal para posterior armazenagem em tanques pulmão. Para preparação da solução oleosa os ingredientes da receita são fracionados, pesados e armazenados em um tanque pulmão para posterior envio ao tanque de preparação junto a outros ingredientes dosados fracionados e óleo de soja, etapa de resfriamento e posterior armazenagem no tanque pulmão de solução oleosa. Durante a preparação aquosa, a água gelada potável e tratada é dosada em tanques de preparação que recircula para posterior filtragem. Uma vez que os tanques pulmão estão abastecidos com os semielaborados, a solução aquosa é enviada aos tanques de preparação, há também o fornecimento da solução oleosa, todos controlados por medidores de vazão. Uma vez que são finalizadas as dosagens e finalizado o tempo de agitação, é coletada amostra para análises físico-químicas antes de liberar para máquina de envase. Na saída para área de envase, o produto passa por outra filtração de malha para assegurar que não haverá contaminação física. O produto é enviado por uma bomba até a enchedora, onde ocorre a formação da embalagem após desenrolar do filme laminado envasado por um sistema de pistão de maneira automática. Na etapa seguinte ao envase, a embalagem é lacrada e ocorre a pesagem do produto acabado e rotulagem. Após rotulagem ocorre a inspeção do código de barras. As embalagens são dispostas em uma esteira e direcionadas à etapa de

encaixotamento onde as embalagens são tombadas e acomodadas em caixas. Os produtos passam por uma nova verificação de peso, garantindo o conteúdo da embalagem. O fluxograma, disposto na Figura 7, retrata de forma condensada o processo de fabricação de molhos e condimentos.

Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: elaborado pelo autor (2022)

4.3 Descrição do Problema

Em cada etapa do processo produtivo são realizadas inspeções para mitigar o risco de produtos não-conformes enviados ao cliente final. As inspeções acontecem desde o recebimento da matéria-prima, tratamento da água potável, preparação do semielaborado, depois do envase do produto com a pesagem, rotulagem é verificado para após encaixotamento ser realizada nova pesagem. Diante dos aspectos deste processo, após o envio de produto pressurizado para as máquinas de envase não há oportunidade para corrigir o produto, logo, todo e qualquer problema gera necessidade de descarte de todo produto e embalagens. O sistema de embalar os produtos compreende as etapas de envase, selagem e disposição deles na esteira para que

sejam encaixotados. As máquinas embaladoras, discutidas neste trabalho, utilizam bobinas, que consistem em um rolo de um filme laminado que formam a embalagem. As máquinas são semiautomáticas, uma vez que precisa do acompanhamento do operador para acompanhar o uso da bobina e realizar a troca e alinhamento para uma nova bobina.

Em um período de três meses, as perdas de óleo no processo produtivo da unidade analisada representaram em média 5,5% de toda matéria-prima consumida contra um orçamento de 3,4%. Enquanto foi percebido um aumento na demanda pelos produtos *pouch* aumentando de 32%. Logo, é relevante investigar quais os principais problemas que geram desperdícios nesta indústria com foco nas linhas de produção de maior volume assim como expectativas de crescimento para categoria no curto e médio prazo.

5 RESULTADOS DE DISCUSSÕES

5.1 Aplicação da Metodologia DMAIC

Durante a aplicação da metodologia DMAIC foram descritas as ferramentas que acompanham as etapas do projeto. Sendo elas, o *Brainstorming* ou Tempestade de Ideias, Carta do Projeto, Gráfico de Barras Simples, Gráfico de Pareto e Diagrama de Ishikawa. Importante esclarecer que não há equipe formada e especializada em Seis Sigma dentro do quadro de funcionários da empresa. A utilização das ferramentas citadas no contexto de aplicação da metodologia DMAIC tem o objetivo de prover um roteiro sistemático para analisar as causas e prover soluções para reduzir desperdício no processo produtivo de uma indústria do setor alimentício.

5.1.1 Etapa Definir

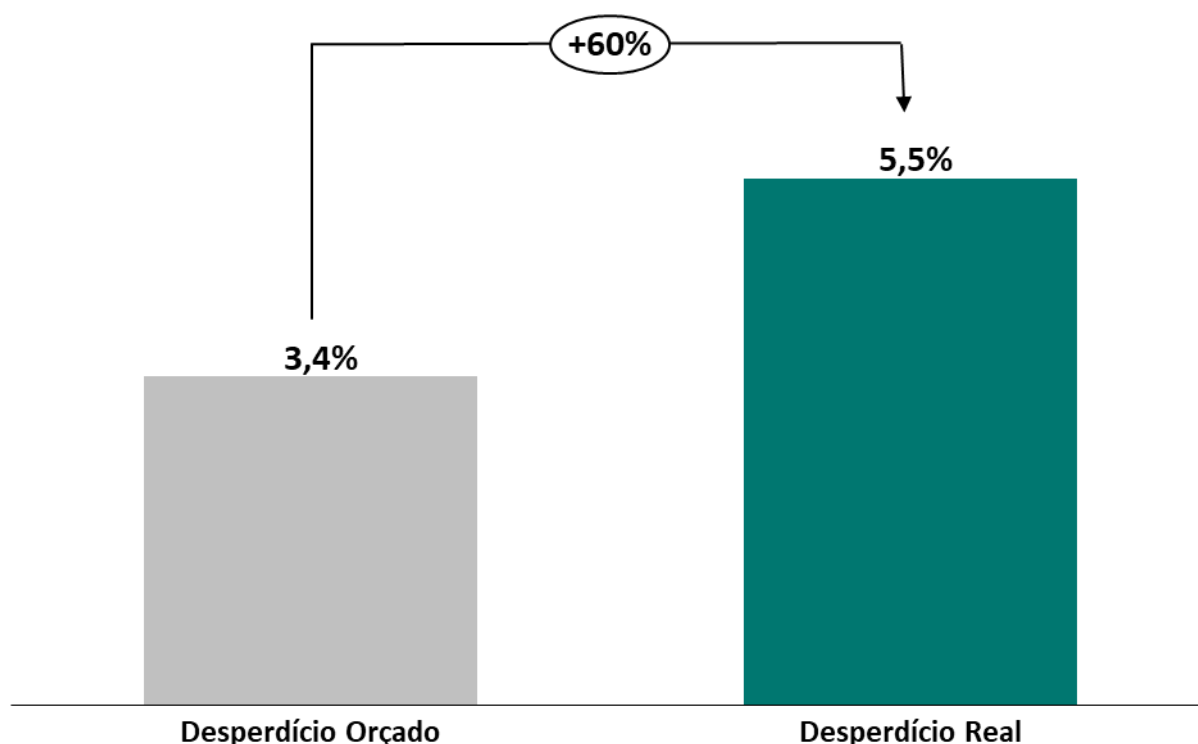
A ineficiência e desperdícios de insumos durante o processo produtivo se tornam repasse de preços ao consumidor final, o que onera e diminui o poder de compra das famílias brasileiras. Processos industriais com menor variabilidade e perdas garantem preços justos e competitivos.

A primeira etapa da metodologia DMAIC é um importante momento de definições e esclarece qual caminho futuro. Desta forma, nesta etapa o intuito é determinar o problema, escopo do projeto, objetivos e métricas almejadas.

A equipe escolhida composta por seis colaboradores, dentre eles o gerente de melhoria operacional, selecionado para exercer a função análoga a de *Champion*, um coordenador da produção selecionado como líder, e outros quatro colaboradores com atuação em diferentes áreas com propósito de promover um time multidisciplinar.

O projeto teve seu escopo reduzido para as linhas de produção de condimentos a base de óleo, uma vez que, com base em relatórios extraídos do sistema de gestão empresarial (ERP) se constatou que aproximadamente 55% do volume produzido pela fábrica se enquadram nesta categoria. Um fato conhecido que contribuiu para reduzir o escopo do projeto é que a média de perdas de óleo no primeiro trimestre de 2022 é igual a 5,5%. Conforme apresentado na Figura 8, este resultado é 60% acima do plano orçamentário da unidade para o ano de 2022, gerando forte pressão nos custos de produção e diminuindo a rentabilidade do negócio.

Figura 8 - Comparativo entre desperdício orçado e desperdício real



Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Para resumir o escopo do projeto e dar visibilidade, a Carta de Projeto (*Project Charter*) apresentada na Tabela 1 foi elaborada. Foram contempladas informações

como: descrição do projeto, escopo, objetivo, benefícios e os membros que compõem a equipe.

Tabela 1 - Contrato do Projeto

Contrato do Projeto ("*Project Charter*")

Título do projeto:	Redução dos desperdícios de solução oleosa
Descrição do projeto:	Projeto objetiva a melhoria na cadeia de produção de condimentos no que tange as perdas de insumos, semielaborados e produto acabado.
Escopo do projeto:	Projeto se concentrará nos produtos envasados na versão <i>pouch</i>
Objetivo	Reduzir perda de óleo mensal para 4%, igualando a meta proposta anual.
Benefícios do projeto:	Reduzir as perdas de processo e aumentar produtividade da linha de produção como consequência da redução de paradas.
Equipe do projeto:	1 (um) Gerente de Melhoria Operacional, 1 (um) Coordenador de Produção, 1 (uma) Trainee de Operações; 1 (uma) Analista de Processos; 1 (um) Analista de Logística e 1 (um) Analista de Manutenção.

Fonte: elaborado pelo autor (2022)

5.1.2 Etapa Mensurar

Para que fosse possível propor qualquer ação, a equipe sentou para discutir em uma sessão de tempestade de ideias (*Brainstorming*) quais seriam as principais dificuldades em organizar os dados históricos disponíveis e verificar o que seria necessário complementar para garantir análises assertivas dentro do projeto.

Durante a consolidação das ideias do *Brainstorming* foram verificados alguns pontos positivos sendo o principal a implementação do sistema de gestão empresarial (ERP) no começo do ano de 2021. No entanto, a utilização das funcionalidades do

sistema está em estágio inicial e há um importante caminho a percorrer, no que diz respeito a incorporar mais informações da produção no sistema e para centralizar os dados. Importante destacar que não há sistema de coleta de dados automática nas linhas de produção

Atualmente a contabilização do desperdício disponibilizado a alta liderança da unidade é calculado como a diferença das entradas de estoques, geradas a partir do lançamento das notas fiscais do insumo em um determinado período, subtraído dos consumos esperados de cada ingrediente e total consumidos nas ordens de produção. Os consumos esperados são calculados com base na quantidade de cada insumo definidos em receita para cada unidade produzida multiplicada pela quantidade total produzida.

Na Tabela 2 foram consolidadas as principais observações da equipe. O principal problema observado refere-se a falta de dados históricos e baixa granularidade da informação, dificultando diagnóstico da equipe. Não havia coleta automática de dados e os formulários de apontamentos de produção contemplavam exclusivamente informações de performance das linhas de produção.

Tabela 2 - Pontos positivos e desafios do projeto

Brainstorming	
Pontos positivos	Desafios ao projeto
Sistema ERP implementado	Relatório de perdas pelo ERP sem granularidade
Visibilidade da produção por linha de produção - sistematizado	Sem acompanhamento de desperdício de insumos por linha de produção
Operadores treinados no preenchimento de paradas das linhas de produção	Não há coleta de dados referente a desperdícios do processo
Acompanhamento diário de performance das linhas de produção	Acompanhamento semanal de perdas

Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Sendo assim, a equipe levantou a necessidade de modificar o relatório de apontamento de paradas, preenchido por operadores e auxiliares de produção. Novos campos com informações das perdas de processo e principais comentários foram inseridos. As perdas foram separadas entre perda de envase, fim de linha, e variação na dosagem. As métricas, no entendimento da equipe, são de fácil análise e medição, caso contrário, existe o risco de medições imprecisas gerarem análises equivocadas, desperdício de recursos, mão de obra, tempo e dinheiro.

Desta forma, no planejamento da coleta de dados um novo relatório de apontamento de paradas foi criado, um procedimento operacional padrão (POP) e treinamentos aos colaboradores de todos os turnos. Todas as ações mencionadas concluídas em abril de 2022.

Foram avaliados os dados gerados no intervalo de abril de 2022 a julho de 2022 e consolidados os principais ofensores mencionados no campo de comentários do novo formulário de apontamentos de produção. No entanto, vários problemas foram classificados de forma genérica e várias classificações similares para identificar um mesmo problema. Para separar os problemas de forma organizada sem perder importantes elementos foi necessário trabalho da equipe para gerar o resultado apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Principais problemas para perda de processo

Falhas recorrentes apontadas para perdas de processo

Estouro de embalagens no encaixotamento
Falha no tombador de embalagens
Partida de Linha
Falha nas ventosas
Falha no filme/bobinas
Falta de produto da envasadora
Falha das pinças
Falha nas mordanças
Falha no corte da embalagem
Falha de codificação

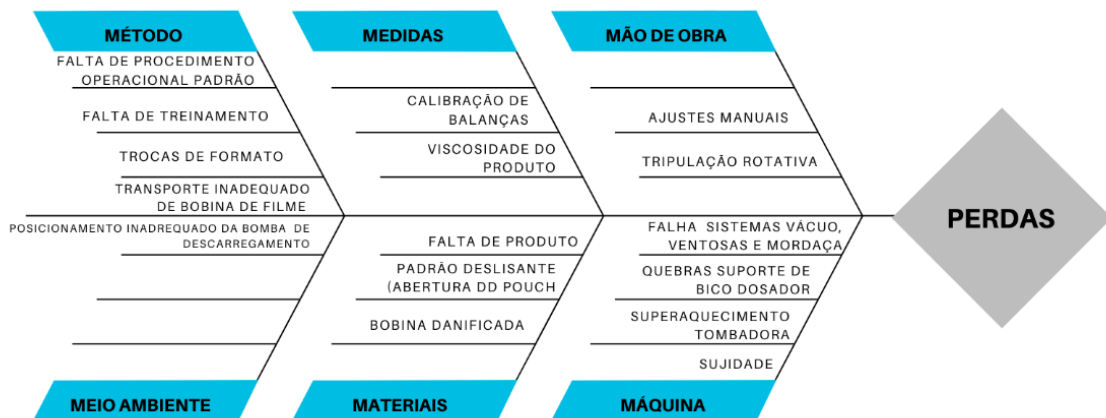
Fonte: elaborado pelo autor (2022)

5.1.3 Etapa Analisar

A etapa de analisar consiste em utilizar diferentes ferramentas que ajudem a definir a área foco para construir a solução. Neste sentido, é preciso encontrar a origem dos problemas.

Os problemas encontrados foram organizados da forma causa e efeito com apoio da ferramenta de qualidade Diagrama de Ishikawa, na forma dos 6Ms: máquina, mão de obra, matérias, medidas, meio ambiente e método, conforme Figura 9.

Figura 9 - Diagrama de Ishikawa - Causa de perdas de processo

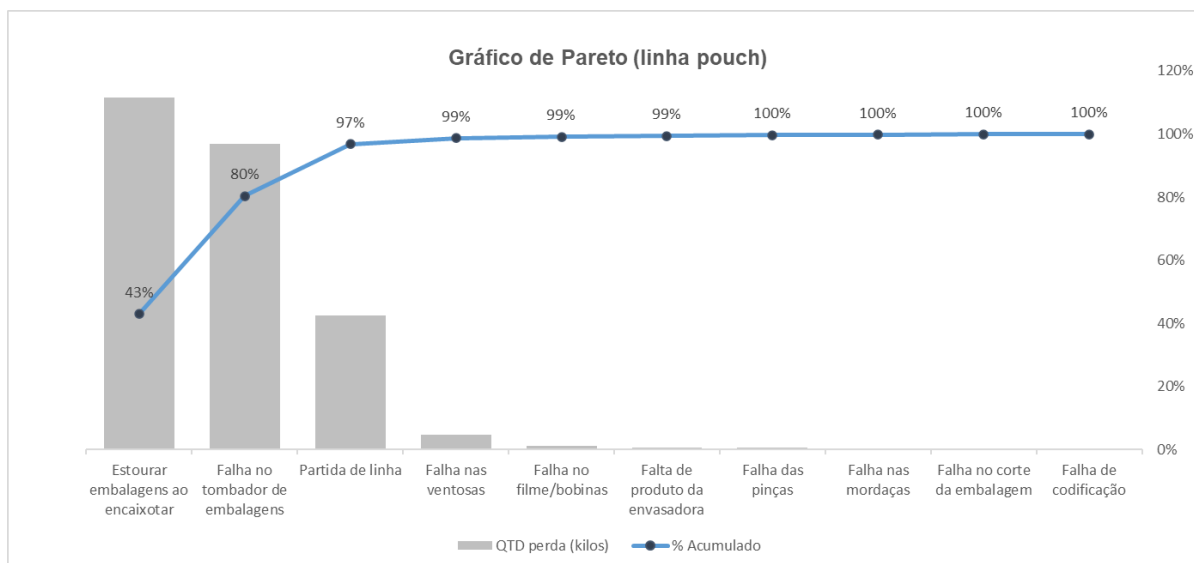


Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Como resultado do Diagrama Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito entendeu-se que havia uma equipe que não possuía procedimentos bem estabelecidos, sem treinamentos e que realizavam ajustes manuais nas máquinas em busca de melhorar performance.

Para entender, com base nos dados coletados, qual deveria ser o foco de ação de forma a minimizar o atual impacto, foi elaborado um Diagrama de Pareto desta forma a equipe seria capaz de identificar e classificar quais problemas devem ser verificados com urgência e propor ações efetivas, conforme Figura 10.

Figura 10 - Gráfico de Pareto para principais motivos de perdas produto (linhas pouch)



Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Os dados apresentados pelo Gráfico de Pareto direcionam a equipe a investigar os motivos pelos quais as embalagens são rompidas no processo de encaixotar o produto acabado e o que ocasiona as falhas no tombador de embalagem.

5.1.4 Etapa Melhorar

A proposta desta etapa é melhorar o processo produtivo frente ao contexto atual. Desta forma, baseado nos dados fornecidos pelo Gráfico de Pareto, o primeiro passo foi buscar soluções para o problema do equipamento tombador de embalagens.

Para tal, as equipes de manutenção e automação da fábrica foram reunidas e durante a sessão de *Brainstorming* foram levantados que os problemas como superaquecimento do tombador, problemas com aberturas dos filmes nas ventosas e outros problemas apontados como problemas de máquina são consequência de ajustes manuais realizados pelos operadores e auxiliares após paradas das máquinas para limpeza e trocas de bobinas de filme com o intuito de garantir o retorno do equipamento para sua velocidade nominal. No entanto, segundo os colaboradores, as alterações realizadas são ações com potencial de gerar desgaste prematuro de componentes e quebras em diferentes etapas do processo.

Para solução dos problemas específicos do equipamento tombador de embalagens entende-se que é necessário um conhecimento profundo de mecânica e que o fornecedor deverá ser envolvido, a depender da disponibilidade e contratação. Para contornar a situação, visto que solicitar uma visita técnica do fornecedor demora e precisa de um investimento financeiro significativo, a equipe concentrou esforços em reduzir o tempo das paradas para troca de bobina e direcionar a operação para melhorar os ajustes realizados no equipamento de forma a mitigar dificuldades em retornar a linha de produção para sua velocidade nominal.

Desta forma, a proposta da equipe foi a padronização das trocas de bobinas com a elaboração de um procedimento operacional padrão (POP). Desta forma, espera-se que as trocas das bobinas sejam mais rápidas e menos ajustes sejam necessários por parte de operadores e auxiliares no intuito de que a linha de produção volte a operar em sua velocidade nominal. No médio prazo, associada a troca de bobinas, foi sugerida a ideia de solicitar junto ao fornecedor das bobinas para que próximo ao final da bobina uma identificação visual seja inserida para indicar ao operador qual o ponto ótimo para realizar a troca de uma bobina usada e ainda restringir acessos que permitem aos operadores alteração nos parâmetros das máquinas.

Por fim, o procedimento operacional padrão (POP) de troca de bobinas e treinamento da operação foi aprovado em setembro de 2022. Para todos os formatos da categoria embalados em filme laminado (*pouch*) foram medidos com auxílio de uma trena a distância ideal para posicionar a bobina em relação a parede lateral do mandril e que garante a posição central. Complementando o procedimento, é solicitada ao colaborador que em cada troca seja verificada a leitura correta da fotocélula o que garante precisão, segurança e automatização do processo.

5.1.5 Etapa Controlar

Após o término das implementações das soluções mencionadas na etapa anterior, a empresa seguirá gerando o relatório de perdas e irá, acompanhar e monitorar, continuamente, a variabilidade do processo. As informações apontadas no formulário de produção pelo time de operação, terá continuidade uma vez que ajuda a identificar motivos de paradas e perdas de produto.

6 CONCLUSÃO

Como mencionado na Introdução deste trabalho, o ambiente atual da indústria é altamente competitivo e a sobrevivência das empresas se conecta com a eficiência de seus processos produtivos e a entrega de produtos e serviços de qualidade, a bons preços e no tempo certo ao cliente. Neste sentido, este trabalho procurou demonstrar a relevância da aplicação das ferramentas da qualidade de forma sistemática, as quais podem auxiliar na identificação de pontos de melhoria em um processo produtivo.

A fundamentação teórica apresentada no capítulo 2, tornou possível conhecer melhor o contexto geral, a aplicação da metodologia DMAIC e suas etapas, em empresas de diferentes ramos e setores além da relação entre DMAIC e o PDCA. A metodologia adotada direcionou uma equipe na busca por propostas para solucionar e mitigar desperdício.

A partir da análise dos dados, a equipe do projeto concluiu que o principal problema do processo analisado são as falhas durante a etapa de encaixotamento do produto acabado. Logo, durante a etapa Melhorar da metodologia DMAIC e após utilizada a ferramenta Diagrama de Pareto foi identificado que 80% do desperdício recaia no tombador de embalagens. Desta forma, a equipe do projeto, sugeriu a diretoria alterações na distribuição de acessos de alteração de parâmetros das máquinas, para que não sejam realizados ajustes que podem prejudicar o funcionamento dos equipamentos e identificação do ponto ótimo para troca de bobina.

A principal proposta da equipe para reduzir no curto prazo os problemas identificados foi com a criação de um Procedimento Operacional Padrão (POP) e treinamento dos colaboradores, por ser uma ação de baixo custo e fácil implementação sendo um primeiro passo importante para entender as ações com maior grau de complexidade devem ser estudadas futuramente. No procedimento criado e o qual os colaboradores foram treinados houve a instrução de distância da parede lateral que bobina deve ser posicionada para garantir sua centralização, conforme o formato em produção e verificação do funcionamento da fotocélula.

No que diz respeito ao alcance dos objetivos definidos neste trabalho, pode-se afirmar que os objetivos gerais e específicos foram alcançados, uma vez houve mensuração dos desperdícios além do número absoluto, foram aplicadas ferramentas

de qualidade e propostas soluções considerando os recursos disponíveis. As ferramentas utilizadas Fluxograma de Processos, Carta de Projeto, *Brainstorming*, Gráfico de Barras Simples, Diagrama de Ishikawa, Gráfico de Pareto foram essenciais para aprofundar questões pouco compreendidas quanto ao problema.

A aplicação da metodologia DMAIC em conjunto as ferramentas da qualidade podem auxiliar a identificar dentro de um processo produtivo oportunidades de melhoria operacional. É importante observar que a implementação de procedimentos dentro da indústria traz benefícios operacionais e aos trabalhadores.

6.1 Limites da pesquisa e pesquisas futuras

Entende-se importante para monitorar e acompanhar os processos da unidade a implementação de um sistema de coleta de dados automatizada nas linhas de produção. Como limitação para pesquisa destaca-se a dificuldade com os dados analisados. Os dados são agrupados em uma planilha eletrônica após terem sido anotados manualmente pelos operadores em um formulário de produção. Neste cenário, sujeito a erros de digitação e em alguns casos não sendo informada os detalhes da causa fundamental do desperdício. Um sistema de coleta automatizada pode contribuir para gerar na empresa XYZ soluções com maior eficácia e permitir agilidade na criação de novas soluções e identificação de diferentes problemas.

Para pesquisas futuras propõe-se a utilização de outras estratégias para aprofundamento do estudo encontradas na literatura. Algumas comumente usadas são: FMEA, SIPOC, Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping - VSM*), 5W2H, matriz GUT, Análise de variância (ANOVA) e outras encontradas em trabalhos similares e não foram exploradas por limitações de tempo.

Uma vez confirmados possíveis problemas de projeto no equipamento responsável por tombar as embalagens, a atuação do fornecedor deste equipamento pode trazer significativa melhora nos indicadores de desperdício da empresa XYZ e devem ser avaliadas pela alta direção. Logo, as possibilidades de melhorias não se encontram esgotadas ao fim deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABIA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. **Balço anual 2022**, 2023. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/>>.

AICHOUNI, A. B. E.; RAMLIE, F.; ABDULLAH, H. Process improvement methodology selection in manufacturing: A literature review perspective. **Internacional Journal od Advanced and Applied Sciences**, 8, n. 3, 2021. 12-20.

ANTHONY, S. G.; ANTONY, J. The History of Lean Six Sigma. **Lean Six Sigma in Higher Education Institutions**, 2022. 15-21.

BRITTO, E. **Qualidade Total**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2015. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788522123551>>.

BUGOR, F.; LUCCA FILHO, J. Utilização da Metodologia DMAIC para Promover Melhorias na Qualidade em Indústrias Alimentícias: uma revisão de literatura., p. 724-733, 2021. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1280>>.

CAMARGO, M. R. **Gerenciamento de Projetos: Fundamentos e prática integrada**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788595153332>>.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade - Conceitos e Técnicas**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2016. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788597006438>>. Acesso em: out. 2022.

CARROLL, C. T. **Six Sigma for Powerful Improvement**. Boca Raton: Productivity Press, 2016.

CARVALHO, M. M. D.; HO, L. L.; PINTO, S. H. B. **Implementação e difusão do programa Seis Sigma no Brasil**. Production, v. 17 , 2007. 486-501.

CHAUHAN, C. D. A.; AKRAM, M. U.; SALO, J. **Food loss and waste in food supply chains**. A systematic literature review and framework development approach. Journal of Cleaner Production, 295, 2021.

COSTA, L. B. M. Lean & Six Sigma initiatives in the food industry, São Carlos, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12061>>.

DE SOUSA, J. C.; MOTA, L. O. Aplicação das Sete Ferramentas da Qualidade nas Organizações na Área da Produção/Application of the Seven Quality Tools in Organizations in the Production Area. **ID on line. Revista de psicologia.**, vol. 16, n. 60, 2022. 123-140. Disponível em: <<http://idonline.emnuvens.com.br/id>>.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788597012934>>.

HARRY, M.; SCHROEDER, R. **Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**. Nova Iorque: Doubleday, 2000.

INSTITUTE, PROJECT M. **Um guia de conhecimento em gerenciamento de projetos (guia PMBOK®)**. 5ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2014. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788502223745>>.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Carta de Conjuntura, Número 55, Nota 34**, 2022. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2022/03/>>.

JURAN, J. M.; DE FEO, J. A. **Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence**. 6ª. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Professional, 2010.

JURAN, J. M.; DEFEO., J. A. **Fundamentos da Qualidade para Líderes**. Porto Alegre: Bookman, 2015. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788582603468>>. Acesso em: nov. 2022.

KERZNER, H. **Gerenciamento de projetos**. São Paulo: Blucher, 2011. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788521208426>>.

KUBIAK, T. M. **The ASQ pocket guide for the certified six sigma black belt**. Milwaukee: Quality Press, 2013.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. **Benefits, obstacles, and future of six sigma approach**. Technovation, Vol 26, Issues 5-6, 2006. 708-715. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497204001828>>. Acesso em: dez. 2022.

LÉLIS, E. C. **Gestão da Qualidade**. 2ª. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018. Disponível em:

<<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/184057/pdf/0>>. Acesso em: dez. 2022.

LIMEIRA, E. T. N. P.; LOBO, R. N.; MARQUES, R. D. N. **Controle da Qualidade** - Princípios, Inspeção e Ferramentas de Apoio na Produção de Vestuário. São Paulo: Saraiva, 2015. Disponível em:

<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788536517773>>.

LOBO, R. N. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Saraiva, 2020. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788536532615>>.

LORENZ, M. O. Methods of Measuring the Concentration of Wealth. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/2276207>. **American Statistical Association**, vol. 9, no. 70, 1905, pp. 209–19. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2276207>>.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN | Publicado pela selo Editora Atlas, 2022. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/>>. E-book. ISBN 9786559770670.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. **Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção**. São Paulo: Atlas, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788522486397>>.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 7ª. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788521637448>>. Acesso em: dez. 2022.

MOURA, N. B. **Análise fundamentalista do setor frigorífico das empresas listadas na B3**, Dez 2021. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/2738>>.

OLIVEIRA, L. R. S. Aplicação do DMAIC: um estudo de caso em uma indústria do setor alimentício do interior de Pernambuco. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção), Universidade Federal de Pernambuco, Caruacu, Caruacu, 2020.** Disponível em:
<<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/43442/>>.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade - Teoria e Prática.** 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2019. Disponível em:
<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788597022032/>>.

PALANGE, A.; DHATRAK, P. Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. **Materials Today: Proceedings**, 46, 2021. 729-736.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance.** [S.I.]: McGraw-Hill Professional, 2000.

PYZDEK, T.; KELLER, P. A. **The Six Sigma Handbook.** 3ª. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Professional, 2009.

SCATOLIN, A. C. Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução das Perdas de um Processo de Manufatura, Campinas, 2005. Disponível em:
<<https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=473895>>. Acesso em: nov. 2022.

SEBRAE-NA/ DIEESE. **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa.** [S.I.], p. 17. 2013.

SILVA, I. M.; CASAGRANDE, D. J. **A utilização das ferramentas da qualidade Diagrama de Ishikawa e FMEA - Análise de modos e efeitos de falhas nas empresas.** **Interface Tecnológica**, vol. 19, n. 2, 2022. 961-973.

SILVA, L. P. et al. **Process efficiency improvement through DMAIC method: action research in a chocolate factory.** *Journal of Lean Systems*, vol. 6, n. nº 3, 2021. 110-131. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/356858352_Process_efficiency_improvement_through_DMAIC_method_action_research_in_a_chocolate_factory>.

U-DOMINIC, C. O. M.; LAGOUGE, T.; DOLOR, E. **Systematic Literature Review of Six Sigma Philosophy in Manufacturing Operations**. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2021. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/354190930_Systematic_Literature_Review_of_Six_Sigma_Philosophy_in_Manufacturing_Operations>.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma** - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing. 2ª. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2011. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788595152311>>. Acesso em: out. 2022.

WERKEMA, C. **Perguntas e Respostas Sobre o Lean Seis Sigma**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2011. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595158207>>. Acesso em: out. 2022.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WERKEMA, C. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas ao PDCA e DMAIC**. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN | Grupo Editorial Nacional. Publicado pelo selo Editora Atlas., 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788595152311>>. Acesso em: out. 2022.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

XAVIER, C. M. S. **Gerenciamento de projetos: como definir e controlar o escopo do projeto**. São Paulo: Saraiva, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788553131204>>.

YADAY, V. S. et al. **A systematic literature review of the agro-food supply chain: Challenges, network design, and performance measurement perspectives**. Sustainable Production and Consumption, 29, Janeiro 2022. 685-704.