

KELEN FARIAS DE AMARAL

**APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO DA
PERDA DE AÇÚCAR EM UMA EMPRESA DE REFRIGERANTE
ESTUDO DE CASO: GRUPO SIMÕES**

**MANAUS – AM
2022**

KELEN FARIAS DE AMARAL

**APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO
DA PERDA DE AÇÚCAR EM UMA EMPRESA DE REFRIGERANTE
ESTUDO DE CASO: GRUPO SIMÕES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental - PPG.EGPSA, do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia– ITEGAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Jandecy Cabral Leite

**MANAUS – AM
2022**

KELEN FARIAS DE AMARAL

**APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO
DA PERDA DE AÇÚCAR EM UMA EMPRESA DE REFRIGERANTE.**

ESTUDO DE CASO: GRUPO SIMÕES.

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM.

Manaus, 30 de novembro de 2022



Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite

Coordenador do PPG.EGPSA - ITEGAM

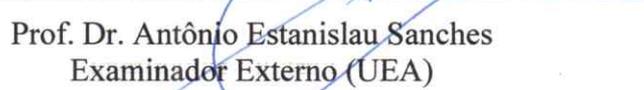
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite
Orientador (PPG.EGPSA/ITEGAM)




Prof. Dr. David Barbosa de Alencar
Examinador Interno (PPG.EGPSA/ITEGAM)

Prof. Dr. Antônio Estanislau Sanches
Examinador Externo (UEA)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Biblioteca do ITEGAM**

Amaral, Kelen Farias de, 2022 - APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO DA PERDA DE AÇÚCAR EM UMA EMPRESA DE REFRIGERANTE ESTUDO DE CASO: GRUPO SIMÕES / Kelen Amaral Devezas - 2022. 94 f., il: Colorido

Orientador: Dr(a). Jandecy Cabral Leite

Dissertação: Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Programa de Pós Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (PPG-EGPSA), Manaus - AM, 2022.

1. Lean Six Sigma 2. DMAIC 3. Redução de Perdas 4. Indústria de Bebidas

CDD - 1001.ed.2022.44

AGRADECIMENTOS

A Deus acima de tudo, pela força e por ter guiado meus passos nesta caminhada. Aos meus pais, Afonso e Arlete, pelo amor, apoio e presença em todas as fases da minha vida.

Ao meu esposo, Daniel Devezas, pelo apoio, paciência e desafios que enfrentamos juntos para que este sonho tornasse realidade.

Ao meu orientador, Jandecy Cabral Leite, pela sua empatia, confiança, dedicação e ensino para este trabalho realizado.

Agradeço ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental, por todas as oportunidades dadas nos últimos 2 anos, os quais foram fundamentais em minha formação profissional. Aos professores e demais funcionários, por todo o suporte dado durante o mestrado.

Ao Sr. Juliano Sampaio de Oliveira pelo incentivo em realizar este trabalho.

Epígrafe

Mas o nobre projeta coisas nobres e na sua nobreza perseverará. (Isaiás 32:08)

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais e a meu esposo, por serem meus maiores incentivadores, por não medirem esforços para me ajudar e pelo amor incondicional.

RESUMO

AMARAL, Kelen Farias de. **APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO DA PERDA DE AÇÚCAR EM UMA EMPRESA DE REFRIGERANTE. ESTUDO DE CASO: GRUPO SIMÕES.** F.94. Dissertação do programa de pós-graduação em Engenharia. Gestão de Processos, Sistema e Ambiental (EGPSA), Instituto de Tecnologia e Educação Galileu da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

O método Lean Seis Sigma é a integração entre o Lean Manufacturing e o Seis Sigma, dois métodos que veem agregando valor aos processos produtivos, gerando os melhores resultados, pois fornecem ferramentas para auxílio na gestão dos indicadores das empresas que as utilizam, sendo a utilização deste método no processo de fabricação um fator estratégico para as empresas competitivas, cujo foco busca atender os clientes com um custo adequado às exigências do mercado, considerando que os processos existentes relacionados à fabricação de um produto acabado possuem suas variabilidades. Este estudo teve como objetivo apresentar a aplicação de ferramentas do Lean Seis Sigma, descrever o uso do modelo DMAIC e demonstrar a aplicação deste no processo de xaroparia e envase de bebida em uma das empresas do Grupo Simões, bem como demonstrar os resultados obtidos com a redução do custo de produção por meio da redução da perda de açúcar. A técnica aplicada nesse estudo foi seguida das etapas da metodologia DMAIC. Este projeto contou com uma equipe que aplicando metodologias de VOC – Voz do Cliente (*Voice of Customer*, em inglês), identificação dos Atributos Críticos para a Qualidade do cliente - CTQs (*Critical to Quality*), Diagrama de Serpente e SIPOC, puderam coletar junto aos clientes internos informações sobre os processos de fabricação de xarope simples, xarope final e envase de bebidas em garrafas PET, assim como demais interligados ao tema. Foi possível determinar e quantificar os principais desperdícios do processo após a implementação total das ações propostas pela equipe de seis sigma, tendo alcançado o objetivo deste projeto. Ao comparar a perda de açúcar com o período anterior medido, o processo analisado reduziu o percentual médio de perdas de 2,02% para 0,07% após as ações implementadas. Desta forma, houve uma contribuição financeira do projeto para a empresa com a redução média de custo de produção anual sobre o desperdício de açúcar de 33% para a empresa.

Palavras-Chave: Lean Six Sigma. DMAIC. Redução de Perdas. Indústria de Bebidas.

ABSTRACT

AMARAL, Kelen Farias de. **APPLICATION OF LEAN SIX SIGMA AND DMAIC METHOD TO REDUCE SUGAR LOSS IN A SOFT DRINK COMPANY. CASE STUDY: SIMÕES GROUP**. F.94. Dissertation of the graduate program in Engineering, Process, System and Environmental Management (EGPSA), Institute of Technology and Education Galileo of the Amazon (ITEGAM), Manaus, 2022.

The Lean Six Sigma method is the integration between Lean Manufacturing and Six Sigma, two methods that have been adding value to the production processes, generating the best results, because they provide tools to assist in the management of the indicators of the companies that use them. The use of this method in the manufacturing process is a strategic factor for competitive companies, whose focus seeks to meet the customers with a cost appropriate to market requirements, considering that the existing processes related to the manufacture of a finished product have their variability. The objective of this study was to present the application of Lean Six Sigma tools, describe the use of the DMAIC model and demonstrate its application in the syrup production and beverage filling process in one of Simões Group companies, as well as demonstrate the results obtained with the reduction of production cost through the reduction of sugar loss. The technique applied in this study followed the steps of the DMAIC methodology. This project relied on a team that, by applying VOC (Voice of Customer) methodologies, identification of Critical Attributes to Quality (CTQs), Serpent Diagram and SIPOC, was able to collect information from internal customers about the manufacturing processes of simple syrup, final syrup, and the bottling of beverages in PET bottles, as well as others related to the theme. It was possible to determine and quantify the main process waste after the full implementation of the actions proposed by the Six Sigma team, having achieved the objective of this project. When comparing the sugar loss with the previous period measured, the analyzed process reduced the average percentage of losses from 2.02% to 0.07% after the implemented actions. Thus, there was a financial contribution of the project to the company with the average annual production cost reduction on sugar waste of 33% for the company.

Keywords: Lean Six Sigma. DMAIC. Loss reduction. Beverage Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo JIT da empresa estuda	28
Figura 2: Metodologias Seis Sigma	31
Figura 3: Mapa do SIPOC	39
Figura 4: Modelo de Histograma	40
Figura 5: Diagrama de Ishikawa	42
Figura 6: Mapa do DMAIC – 1. Definir	45
Figura 7: Mapa do Definir – 1ª atividade	45
Figura 8: Mapa do Definir – 2ª e 3ª atividades	46
Figura 9: Mapa do Definir – 4ª atividade	46
Figura 10: Mapa do Definir – 5ª atividade	47
Figura 11: Mapa do Definir – 6ª atividade	47
Figura 12: Mapa do DMAIC – 2. Medir	48
Figura 13: Mapa do Medir – 1ª atividade	48
Figura 14: Mapa do Medir – 2ª atividade	49
Figura 15: Mapa do Medir – 3ª atividade	49
Figura 16: Mapa do Medir – 4ª atividade	50
Figura 17: Mapa do DMAIC – 3. Analisar	50
Figura 18: Mapa do Analisar – 1ª atividade	51
Figura 19: Mapa do Analisar – 2ª atividade	51
Figura 20: Mapa do Analisar – 3ª atividade	52
Figura 21: Mapa do Analisar – 4ª atividade	52
Figura 22: Mapa do DMAIC – 4. Melhorar	53
Figura 23: Mapa do Melhorar – 1ª e 2ª atividades	53
Figura 24: Mapa do Melhorar – 3ª atividade	54
Figura 25: Mapa do Melhorar – 4ª atividade	54
Figura 26: Mapa do Melhorar – 5ª atividade	55
Figura 27: Mapa do DMAIC – 3. Analisar	55
Figura 28: Mapa do Controlar – 1ª atividade	56
Figura 29: Mapa do Controlar – 2ª atividade	56
Figura 30: Mapa do Controlar – 3ª atividade	57
Figura 31: Mapa do Controlar – 4ª atividade	57
Figura 32: Instalações da empresa estudada	59
Figura 33: Portifólio de produtos da empresa	60
Figura 34: Fluxograma da árvore do método DMAIC	61
Figura 35: Resultados de perdas de insumos	62
Figura 36: Média da perda de açúcar	63
Figura 37: Teste de normalidade dos dados de açúcar	64
Figura 38: CTQs – Crítico para Qualidade	64
Figura 39: Processo Core do projeto	65
Figura 40: Indicadores Core do projeto	66
Figura 41: SIPOC do processo de fabricação	67
Figura 42: Despesas com perdas de açúcar entre 2020 e 2011	67
Figura 43: Formulário de planejamento de projeto	68
Figura 44: Mapeamento do processo de xaroparia	69
Figura 45: Mapeamento do processo da Linha de PET	70
Figura 46: Coleta dos dados de defeitos e processo de xaroparia	71
Figura 47: Histograma de diferença de açúcar na xaroparia	72

Figura 48: Participação do volume de produção	73
Figura 49: Coleta dos dados de defeitos e processo da Linha de PET	73
Figura 50: Coleta de defeitos na Linha de PET	74
Figura 51: Brainstorming para levantamento de possíveis causas	75
Figura 52: Diagrama de Ishikawa do processo xaroparia parte 1	77
Figura 53: Diagrama de Ishikawa do processo xaroparia parte 2	78
Figura 54: Diagrama de Ishikawa do processo da Linha de PET	78
Figura 55: Matriz de Esforça e Impacto	80
Figura 56: Criação e aplicação de treinamento sobre perdas	83
Figura 57: Criação de padrão de liberação de linha	83
Figura 58: Criação de padrão de corte de linha	84
Figura 59: Sistema de enchimento de embalagem PET	85
Figura 60: Redução na variação do conteúdo líquido de PET	85
Figura 61: Gráfico de redução da variação do conteúdo líquido de PET.....	86
Figura 62: Análise da tendência da perda de açúcar	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas e atribuições do método DMAIC	32
Quadro 2: Possíveis CTQs do Cliente: Serviço	38
Quadro 3: Possíveis CTQs do Cliente: Produto	38
Quadro 4: Modelo de ferramenta 5W2H	43
Quadro 5: Formação da equipe do projeto DMAIC	63
Quadro 6: Plano de Coleta de Dados	71
Quadro 7: Coleta dos dados de perda de açúcar - xaroparia	72
Quadro 8: 5 Por quês das causas levantadas	76
Quadro 9: Desenvolvimento do plano de ação – 5W2H	82
Quadro 10: Sistema de Controle de Gerenciamento de Processo – PMCS	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação entre os tipos de desperdícios e o Lean Seis Sigma	25
Tabela 2: Grau de qualidade Seis Sigma	29
Tabela 3: Ferramenta modelo 5 Por quê	41
Tabela 4: Cronograma de atividades	60
Tabela 5: Lista das causas priorizadas	79
Tabela 6: Matriz de Seleção de Soluções	81

LISTA DE SIGLAS

5W2H	<i>Who, What, Where, When, Why, How, How Much</i>
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
DPMO	Defeitos Por Milhão De Oportunidades
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JIT	<i>Just in Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
PET	Polietileno tereftalato
PIB	Produto Interno Bruto
PIM	Polo Industrial de Manaus
PIM-PF	Pesquisa Industrial Mensal
PMCS	<i>Process of Management Control System</i>
SIPOC	<i>Supplie, Input, Process, Output, Customers</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VOC	<i>Voice of Customer</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE QUADROS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE SIGLAS.....	14
CAPÍTULO 1	19
1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1. JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO.....	20
1.2. OBJETIVOS.....	21
1.2.1. Geral.....	21
1.2.2. Específicos.....	21
1.3. CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DA PESQUISA	21
1.4. ESCOPO DO TRABALHO	21
CAPÍTULO 2	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1. METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA.....	23
2.1.1. Princípios e desperdícios	24
2.1.1.1. Produção em excesso.....	25
2.1.1.2. Espera.....	25
2.1.1.3. Sub-uso do potencial	26
2.1.1.4. Transporte	26
2.1.1.5. Estoque.....	26
2.1.1.6. Movimentação	27
2.1.1.7. Processos desnecessários	27
2.1.1.8. Defeito	27
2.1.2. Just in Time (JIT)	28
2.2. SEIS SIGMA	29

2.2.1. Origem do Seis Sigma	29
2.2.2. Conceitos e Objetivos do Seis Sigma	30
2.2.3. Metodologia Seis Sigma	30
2.3. METODOLOGIA DMAIC	31
2.3.1. Definir	32
2.3.2. Medir	33
2.3.3. Analisar	34
2.3.4. Melhorar	35
2.3.5. Controlar.....	36
2.4. CRÍTICO PARA QUALIDADE (CTQs)	37
2.5. DIAGRAMA SIPOC	38
2.6. HISTOGRAMA	39
2.7. FERRAMENTA 5 POR QUÊS	40
2.8. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	41
2.9. FERRAMENTA 5W2H.....	42
CAPÍTULO 3	43
3. MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1. MATERIAIS	43
3.2. MÉTODOS	43
3.2.1. Procedimento de coletas e análise de dados.....	43
3.2.2. Aplicação do método DMAIC	44
3.2.2.1. Etapa Definir	44
3.2.2.2. Etapa Medir.....	47
3.2.2.3. Etapa Analisar.....	50
3.2.2.4. Etapa Melhorar	52
3.2.2.5. Etapa Controlar	55
CAPÍTULO 4	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58

4.1. Perfil da Organização.....	58
4.2. Levantamento de dados atuais.....	60
4.3. Desenvolvimento e Implementação no processo de fabricação	60
4.3.1. Etapa Definir: Escolha do projeto para estudo de caso	61
4.3.2. Etapa Definir: Formação da equipe do projeto	62
4.4. ANÁLISE DESTA APLICAÇÃO	63
4.4.1. Etapa Definir: Identificação da oportunidade do negócio	63
4.4.2. Etapa Definir: Identificação dos CTQs do Cliente	64
4.4.3. Etapa Definir: Definir o processo Core do projeto	65
4.4.4. Etapa Definir: SIPOC do Processo de fabricação.....	66
4.4.5. Etapa Definir: Definição Preliminar do Problema	67
4.4.6. Etapa Definir: Elaborar o Planejamento do Projeto	68
4.5. RESULTADOS OBTIDOS	68
4.5.1. Etapa Medir: Criar mapa detalhado do processo.....	68
4.5.2. Etapa Medir: Coletar dados de defeitos e do processo.....	70
4.5.3. Etapa Medir: Analisar os Dados com ferramentas do DMAIC	71
4.5.4. Etapa Medir: Definição Final do Problema	74
4.5.5. Etapa Analisar: Identificar causas raízes potenciais	74
4.5.6. Etapa Analisar: Organizar causas raízes potenciais	77
4.5.7. Etapa Analisar: Quantificar as relações de causa e efeito	78
4.5.8. Etapa Melhorar: Identificar e selecionar soluções.....	80
4.5.9. Etapa Melhorar: Desenvolver um planejamento das ações	81
4.5.10. Etapa Controlar: Desenvolver e Documentar as Práticas Padrão	83
4.5.11. Etapa Controlar: Desenvolver e Documentar as Práticas Padrão	84
4.5.12. Etapa Controlar: Construir o PMCS	85
4.5.13. Etapa Controlar: Treinar todo time envolvido e o PMCS	87
4.5.14. Etapa Controlar: Fechar o projeto.....	88

CAPÍTULO 5	89
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	89
5.1. CONCLUSÕES	89
5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	90
REFERÊNCIAS	91

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

No cenário de constantes mudanças, as indústrias do ramo de bebidas, devem adaptar-se continuamente para manterem um ritmo de competitividade. Neste contexto, fatores como qualidade, custo e prazo têm papel fundamental no sucesso das organizações (RABECHIN *et al.*, 2002).

No Brasil o setor de bebidas segundo (BNDES, 2017) foi caracterizado no passado recente por um forte crescimento e, em relação ao futuro próximo, por questões que vão além das variáveis mais tradicionais, passando por segmentações de alto valor agregado e chegando ao que vem sendo chamado de “economia da experiência”, o que se caracteriza no mercado brasileiro por fortes fatores de competitividade.

O setor de bebidas vem apresentando grande dinamismo e segundo (IBGE, 2014) que apresenta informações da Pesquisa Industrial Mensal (PIM-PF), o crescimento acumulado da produção física de bebidas no Brasil chegou a 50% no período 2004-2013. Nesse período, a taxa média de crescimento do volume produzido foi de 4,2% a.a. Dado que nesse intervalo de tempo o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro cresceu a uma taxa média real de 3,7% a.a.

Esse tipo de indústria no mundo inteiro possui a característica de acirrada competitividade por maiores participações de *share* de mercado. Frente a esse fator, o mercado já não tem mais espaço para ineficiência, a concorrência já ultrapassa o critério de preço, o foco agora está voltado para o valor ligado a padrões de qualidade, baixos custos de produção, eficácia dos serviços e preço justo (TERNER, 2008).

Para melhorar a eficiência em seus processos, diversas empresas trabalham com metodologias de resolução de problemas, neste cenário diversas estratégias são desenvolvidas por essas empresas que buscam a adequação do sistema de produção à realidade do mercado atual, como as metodologias *Lean Manufacturing* e Seis Sigma, que quando integradas entre si, *Lean Seis Sigma*, o qual tem sido utilizado com grande representatividade (DIAS, 2011).

Duas abordagens vêm sendo utilizadas na maioria dos projetos de melhoria de processos e gestão, fundamentando o *Lean Seis Sigma*, sendo a primeira: Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), voltado para o pensamento enxuto, cujo foco é a eliminação de etapas e atividades em um processo que não geram valor ao produto, e a segunda: Seis Sigma (*Six*

Sigma), baseado na redução contínua da variabilidade do processo, focado na melhoria contínua dos processos (YADAV; DESAI, 2016).

A necessidade em produzir o máximo de valor utilizando o mínimo de recursos, têm gerado uma orientação dos esforços do mundo corporativo moderno para técnicas de gerenciamento como o *Lean Seis Sigma*, que busca o foco no cliente. Este método baseia-se em fatos e no uso de ferramentas da qualidade para identificação e redução das causas e defeitos dos problemas (MANI, 2008).

O Seis Sigma busca a variação em todos os processos críticos para alcance de melhoria contínua, variações que impactam os índices de uma organização. A melhoria alcançada visa o aumento da satisfação e lealdade dos clientes. Esta é uma iniciativa organizacional orientada para criar processos de manufatura, serviços ou administrativo que gerem no máximo 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (RASIS, 2003).

É de grande valia aumentar o interesse em estudos e desenvolvimento de projetos que fazem uso de metodologias e ferramentas de análise de problemas baseado em análise de dados para que a tomada de decisão seja assertiva e sustentável. Para isso a implementação do método citado pode ser feita por meio da aplicação de diversas ferramentas, como a abordagem de melhoria DMAIC (do inglês, *Define, Measure, Analyse, Improve and Control*).

As empresas de bebida também se beneficiam dos princípios e ferramentas da metodologia DMAIC, portanto o presente trabalho, um estudo de caso aplicado em uma empresa de bebidas do PIM (Polo Industrial de Manaus), visa demonstrar as causas da perda de açúcar por meio do uso de métodos estruturados, sendo capaz de analisar o problema e propor ações de melhoria para resolvê-lo e controlar mensalmente esse indicador de forma a garantir a sua conformidade no processo de produção.

1.1. JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO

Este estudo se justifica pelos resultados satisfatórios obtidos na implementação do método, onde seguiu-se as etapas estruturadas do DMAIC com foco na melhoria contínua dos processos de fabricação de xarope e engarrafamento de bebida, contribuindo com a redução do custo de produção, sendo esse fator de grande relevância, uma vez que o cenário do mercado global pós pandemia do Covid-19, sofreu grandes impactos econômicos negativos, necessitando mais do que nunca estudos para mitigar estratégias de negócios para manter as empresas competitivas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Geral

Aplicar a metodologia DMAIC para redução da perda de açúcar utilizada no processo de fabricação de refrigerante em uma empresa do PIM (Polo Industrial de Manaus).

1.2.2. Específicos

- Analisar o processo de enchimento de refrigerante em garrafas PET por meio do uso de metodologia DMAIC;
- Propor ações para redução da perda de açúcar, visando um aumento de competitividade da empresa no ramo alimentício.
- Otimizar o processo de envase de refrigerante por meio do uso de ferramentas do *Lean* Seis Sigma com abordagem do ciclo DMAIC;

1.3. CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

O presente estudo busca contribuir com o tema de implementação de *Lean* Seis Sigma por meio da abordagem DMAIC, a partir de um desenvolvimento de método que pode ser utilizado em empresas de grande, médio e pequeno porte, servindo assim de referência metodológica para empresas do ramo de atuação similares a empresa estudada. Com isso as contribuições e relevância desta pesquisa serão relacionadas à aplicação dos métodos em busca da melhoria contínua e aumento da competitividade para a companhia.

1.4. ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1, a introdução ao tema, onde são apresentados a necessidade que motivou a pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa, relevância e contribuição deste trabalho e sua estruturação.

Capítulo 2, apresenta a revisão bibliográfica de metodologias e ferramentas do *Lean* Seis Sigma e a metodologia DMAIC.

Capítulo 3 apresenta a metodologia adotada na pesquisa, os materiais e métodos utilizados para alcance dos objetivos.

Capítulo 4 apresenta e explica a aplicação da pesquisa por meio de um estudo de caso com as medidas adotadas e os seus resultados alcançados após as ações de melhorias aplicadas.

Capítulo 5 tem como objetivo demonstrar os resultados obtidos juntamente com as oportunidades identificadas para futuros estudos internos ou externos à empresa estudada.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA

Originalmente o conhecido Pensamento *Lean* tem as suas raízes no *Toyota Production System*, cujos impulsionadores revolucionários foram *Sakiichi Toyoda*, seus filhos, *Kiichiri* e *Eiji* e *Taiichi Ohno*, um engenheiro de produção (DEKIER, 2012). E foi a partir da necessidade e dificuldade enfrentada pela empresa Toyota pós o período da 2ª guerra mundial que este sistema nasce e se desenvolve (LANDER, 2007).

Os conceitos e métodos de trabalho aplicados ao Sistema de produção Toyota destaca-se o termo *Lean Manufacturing* que gera em sua metodologia a redução de perdas de forma sistemática e contínua, seja em etapas que não agregam valor ao processo ou mesmo em atividades que estejam relacionadas a qualquer processo produtivo que agregue valor ao negócio (BARRETO, 2012). Essa metodologia atua por meio de princípios e conjuntos de ferramentas, o foco é atingir a eliminação de resíduos, a otimização de processos, a eliminação de atividades que não agregam valor e o envolvimento de recursos humanos na melhoria contínua. No entanto, o uso de métodos e ferramentas não é em si só uma vantagem para a organização, sendo necessário envolver as pessoas a organização (DOMBROWSKI, 2013).

O *Lean Manufacturing*, Seis Sigma e TQM (em língua inglesa "*Total Quality Management*"), são algumas das ferramentas implementadas a partir de então para gerar melhoria de processos, garantia da qualidade que é oferecida ao cliente final. Diante de grandes evoluções que a indústria vem sofrendo, o cenário atual permite misturar e sincronizar diferentes ferramentas que podem tornar a empresa ainda mais competitiva. Um exemplo é a combinação da filosofia *Lean* com o método sistemático Seis Sigma (ANTONY *et al*, 2018).

O método resultante da integração de *Lean* e Seis Sigma é uma estratégia poderosa para qualquer empresa de busca o aumento de competitividade com a redução do custo de produção. O *Lean* baseia-se na filosofia que elimina desperdícios, auxiliando no aumento da produtividade, transformando o modo como as organizações trabalham, gerando um retorno mais rápido dos investimentos financeiros. Enquanto o Seis Sigma se volta para a otimização de produtos, serviços e processos, para satisfazer os clientes e consumidores (WERKEMA, 2006).

A definição de *Lean Seis Sigma* envolve uma abordagem estratégica e metodológica organizacional que aumenta a performance de processos resultando no aperfeiçoamento da satisfação do cliente e maximizando de fato o valor oferecido ao mesmo (SNEE, 2002).

Para a maioria das empresas focadas em se aperfeiçoarem, trabalhar com *Lean Seis Sigma* envolve adotar um conjunto sistemático, estruturado e estatístico de ferramentas, pois ferramentas enxutas e um ciclo de melhoria contínua ajudam na eliminação de atividades que não agregam valor ao produto, melhoria na qualidade do produto eliminando a variação do processo, gerando redução do custo de produção.

Pode-se afirmar que são muitos os motivos para a implementação *Lean Seis Sigma* na indústria, por exemplo: para melhorar a eficiência operacional, capacidade produtiva e alcançar mercados globais ((JOHNSON, 2003).

2.1.1. Princípios e desperdícios

É possível dizer que a metodologia *Lean Seis Sigma* pode ser explicada por abranger um grupo de técnicas e ferramentas que, em conjunto, permitem as organizações identificarem e eliminarem oito diferentes tipos de desperdício, formulando o que foi chamado de Os 8 Desperdícios da Indústria (PETENATE, 2019):

1. Produção em excesso;
2. Espera;
3. Sub-uso do potencial;
4. Transporte;
5. Estoque;
6. Movimentação;
7. Processos desnecessários;
8. Defeito.

Entende-se como desperdício todas as atividades que não agregam valor ao serviço ou produto, de acordo com Alódio (2019), sendo assim é importante o conhecimento de cada uma das categorias de desperdícios e como o *Lean Seis Sigma* pode apoiar a empresa na resolução de cada um, conforme a relação descrita na Tabela 1.

Tabela 1: Relação entre os tipos de desperdícios e o *Lean* Seis Sigma.

Número	8 Desperdícios	Métodos do Lean Seis Sigma
#1	Produção em excesso	<i>Kanban, Heijunka, VSM</i>
#2	Espera	TPM, SMED
#3	Sub-uso do potencial	<i>Kaizen</i>
#4	Transporte	<i>Kanban</i>
#5	Estoque	<i>Kanban, Heijunka, VSM</i>
#6	Movimentação	5S, Trabalho padronizado
#7	Processos desnecessários	Trabalho padronizado, <i>Kanban</i>
#8	Defeitos	<i>Poka-Yoke, Jidoka, Kamishibai</i>

Fonte: ADAPTADO DE REWERS (2016).

2.1.1.1. **Produção em excesso**

Considerado o maior desperdício sendo a produção além do necessário, o qual pode ocasionar perda por qualidade, o desbalanceamento de linha, assim como outros prejuízos para empresa. A produção em excesso, ou super processamento também acontece quando a área de produção realiza operações de um produto ou serviço superior as quais os clientes solicitaram e que não estão dispostos a pagar, ou seja, realizar trabalho maior do que o necessário.

É possível prevenir esta categoria de problema, sendo uma opção viável a atividade de sistema de produção puxado, onde a produção é realizada conforme a demanda dos clientes, diminuindo a quantidade de estoque e produzindo somente o necessário (ALÓDIO, 2019);

Para Menegon, Rentes e Nazareno (2003), existem dois tipos de perdas por produção em excesso: perda por produzir acima do esperado (superprodução por quantidade) e perda por produzir antes do previsto (superprodução por antecipação). Este tipo de desperdício acontece devido problemas e restrições no processo produtivo oriundo de altos tempos de preparação de equipamentos, elevando os lotes de produção; baixa confiabilidade dos equipamentos, que afeta a confiança das origens das ocorrências de problemas de qualidade, levando a produção realizar mais do que é preciso; falha na gestão e análise entre as necessidades e a produção, em termos de quantidades e ponto de produção (momento necessário).

2.1.1.2. **Espera**

Ocorre quando não há um balanceamento dos processos ocasionando operador ou equipamento ocioso, isso gera a espera e estoques desnecessários. Para esse desperdício qualquer tempo de espera é considerado atraso. Toda espera entre o início e o término de uma tarefa é um desperdício. O balanceamento dos processos é essencial para reduzir a espera e uma prática fundamental é o controle para evitar este desperdício.

Para isso é necessário mensurar o tempo de cada atividade para verificar seu período de realização, isso viabiliza a possibilidade em quantificar a demanda e o planejamento de cada lote de produção que cada pessoa poderá receber.

2.1.1.3. **Sub-uso do potencial**

Este desperdício tende acontecer quando não existe o aproveitamento das ideias e métodos de trabalhos novos, onde não há vivências dos colaboradores para o sucesso de projetos, há resistência a mudanças. Estas atitudes podem ocasionar colaboradores sem interesse e reduzir o autodesenvolvimento deles. Considerado como o desperdício da criatividade dos funcionários. Perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários (LIKER, 2006).

2.1.1.4. **Transporte**

Desperdício relacionado a movimentos excessivos de produtos durante etapas dos processos. Essa movimentação desnecessária de materiais, produtos e informações também se caracteriza um desperdício que pode prejudicar a sincronia do processo. Muitas vezes esse desperdício pode ocorrer pelo fluxo de trabalho errado e pela existência de looping no processo, ou seja, um trabalho é devolvido várias vezes ao mesmo ponto sem a efetividade do trabalho.

Uma ação de redução desse desperdício trata-se de implementações de dispositivos físicos como recurso para redução das distâncias entre as movimentações ao longo do processo produtivo (DENNIS, 2008).

2.1.1.5. **Estoque**

Ocorre quando há estocagem de matéria-prima ou produtos acabados acima do planejado, podendo gerar perda por qualidade, vencimento, avarias e extravios, ou seja, prejuízos para a organização. Também são desperdícios de estoque quando há altas filas de espera, lead times altos, papéis amontoados e esperas de tarefas ao longo do processo aguardando para serem concluídas são evidências desse desperdício *Lean*.

É possível prevenir esta categoria de problema, sendo uma opção viável a atividade de sistema de produção puxado, onde a produção é realizada conforme a demanda dos clientes, diminuindo a quantidade de estoque.

2.1.1.6. **Movimentação**

Ergonomia inadequada e movimentação de pessoas ocorrendo de forma excessiva dentro das áreas, como, por exemplo, distância das ferramentas a serem utilizadas em produção ou setups, o qual estão guardadas longe do local de utilização. A movimentação desnecessária também ocorre quando insumos e informações não estão disponíveis de forma adequada, quando não há uma boa definição de cargos e tarefas, quando não há uso correto de tecnologia ou recursos no trabalho.

Uma solução viável seria a mesma para o a categoria transporte, um arranjo ou dispositivo físico planejado a fim de diminuir os deslocamentos que poderiam ser evitados. Este desperdício pode ser mais bem mensurado por meio de um controle do tempo reduzindo desperdícios que não são percebidos no dia a dia de trabalho.

2.1.1.7. **Processos desnecessários**

No processo produtivo podem existir etapas a serem eliminadas, pois não agregam valor ao produto, são etapas adicionais devido a incompreensão dos requisitos do cliente. Com isso, a implementação do mapa do fluxo de valor pode ajudar no mapeamento dos processos que geram valor ou não agregam valor e que podem eliminados (ROTHER e JOHN, 2012).

2.1.1.8. **Defeito**

Ocorre quando há baixa qualidade durante o processo ou o não atendimento das expectativas, após identificados os defeitos na produção deve se aplicar medidas rápidas, para reduzir as perdas de matéria-prima e não gerar prejuízo a organização (ALÓDIO, 2019).

Para Menegon, Rentes e Nazareno (2003), a perda por defeitos é o resultado da geração de produtos que apresentem alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação ou um padrão estabelecido gerando a insatisfação dos requisitos de aplicação.

Na essência do *Lean Manufacturing* a redução dos oitos desperdícios tem papel fundamental na construção dos resultados segundo (OHNO, 2007). As atividades relacionadas a redução de desperdício é o pensamento enxuto. O *Lean* aborda cinco princípios que são:

- Especificação de Valor – aquilo que o cliente dar valor;
- Identificação do fluxo de valor;
- Criação do fluxo contínuo;

- Obter uma produção puxada;
- Busca da perfeição;

O *Lean* Seis Sigma também conta com a utilização de demais ferramentas que auxiliam no desenvolvimento para alcance dos melhores resultados, tais como: *Just in Time*, VSM (*Value Stream Mapping*), *Kaizen*, *Kanban* e 5S.

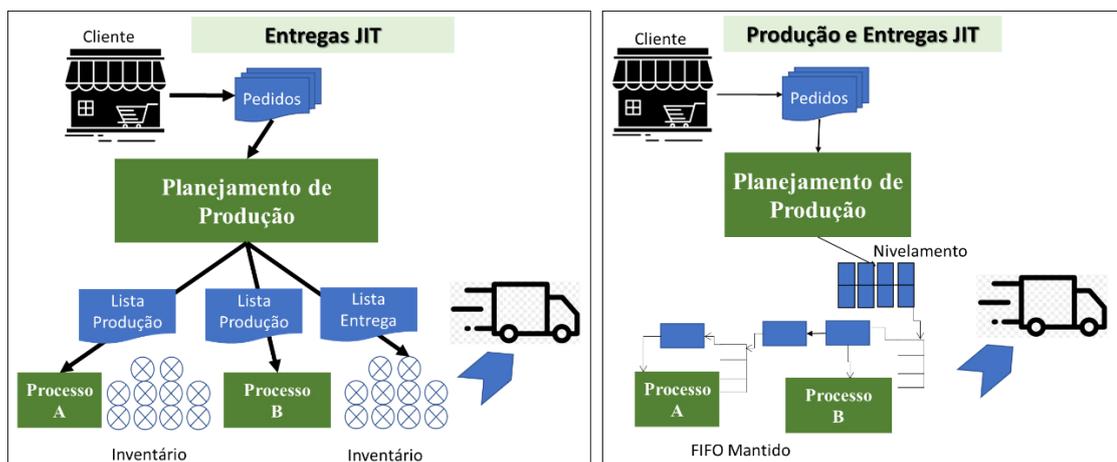
2.1.2. *Just in Time* (JIT)

Após a 2ª Guerra Mundial as indústrias automobilísticas Toyota no Japão observaram a inviabilidade da reconstrução de suas instalações devidos os danos causados pela guerra, porém ainda assim conseguiram fabricar ampla variedade de produtos e reduzir os seus defeitos, estoques, investimentos e esforço de trabalhadores (IKEZIRI *et al.*, 2020). Essa concepção da filosofia teve sua origem com a integração do conceito *Just in Time* (JIT) com o respeito pelo ser humano, iniciando uma participação ativa na redução da movimentação dos trabalhadores.

Segundo Ohno (1997), JIT significa, em um processo de fluxo, a entrega do que somente for o necessário, quando for necessário e na quantidade necessária. O JIT é umas das técnicas relacionada com a metodologia *Lean Manufacturing*, pois ambos buscam a redução de desperdícios e custos em serviços e processos.

Com a aplicação deste método a empresa consegue até mesmo zerar o nível de estoque, onde a produção passa a ser puxada, ou seja, o processo precedente só é demandado quando um item é retirado do processo precedente, mudando o tradicional modo de abordagem, fazendo com que a transferência ocorra na direção inversa conforme Figura 1.

Figura 1: Modelo JIT da empresa estuda.



Fonte: GRUPO SIMÕES (2022).

Nas Entregas JIT: O produto é embarcado diretamente do inventário de produto acabado; os pedidos passam por todos os estágios do processo produtivo; não há ligação direta com o cliente.

Na Produção e Entregas JIT: Produção é embarcada diretamente do final da linha de produção; processo de produção é sincronizado com a demanda; velocidade de produção e demanda são determinados por sistema *Kanban*.

2.2. SEIS SIGMA

2.2.1. Origem do Seis Sigma

O método Seis Sigma originalmente surgiu na Motorola em 1987 focado na redução de perdas de qualidade dos produtos e ter retorno em lucratividade. De acordo com Werkema (2004), o conceito do Seis Sigma é realizar a medição do desempenho da linha atual calculando quantos sigmas existem até que ocorra a insatisfação de um cliente, ou seja, que um defeito é identificado pelo cliente. Um processo será considerado Six Sigmas quando não gerar mais de 3,4 dpmo (defeitos por milhão de oportunidades).

A metodologia tem como símbolo o Sigma (σ) que faz parte do alfabeto grego e é utilizado para indicar a variação existente sobre a média de um processo. Quando o sigma é medido a um processo, o seu valor indica se ele está sendo controlado, um maior nível sigma significa que existe um menor número de defeitos associados ao processo, gerando um menor custo de retrabalho e perdas (MANI, 2008).

O nível sigma encontrado em um processo representa seu nível de, ou seja, a sua capacidade em atender às especificações pré-estabelecidas. A Tabela 2 demonstra o grau de qualidade Seis Sigma representa um desempenho de 99,99966% de conformidade ou 3,4 partes por milhão de não conformidades (WERKEMA, 2004).

Tabela 2: Grau de qualidade Seis Sigma.

Rendimento de Processo	DPMO	Sigma do Processo
30,9%	691462	1,0
69,1%	308538	2,0
93,38%	66807	3,0
99,977%	6210	4,0
99,99966%	3,4	6,0

Fonte: SILVA (2010).

Analisando este conceito no cenário em estudo, o Seis Sigma analisa a possibilidade ou a ocorrência de paradas inesperadas no processo, e ele só será considerado Seis Sigma quando atingir 3,4 dpmo. Neste caso, os defeitos são representados pelas paradas imprevistas. Para Corrêa e Corrêa (2009) essa variabilidade está relacionada aos resultados oriundo dos processos, e que um índice elevado dessa variabilidade está ligado a má qualidade, custos altos e cliente insatisfeito.

2.2.2. Conceitos e Objetivos do Seis Sigma

De acordo com Folaron (2006), o Seis Sigma não é somente uma revolução no modo de pensar, também não provê um conjunto novo de ferramentas e técnicas. É uma evolução na forma de entender a melhoria contínua, que combina vários dos melhores elementos do GQT, de forma rigorosa, disciplinada e clara.

Para Harry e Schoroeder (2000) entende-se Seis Sigma como o processo de negócio que permite as empresas alcançar ganhos financeiros significativos por meio do desenvolvimento e do monitoramento das demais atividades do negócio, minimizando os desperdícios e aumentando a satisfação dos clientes.

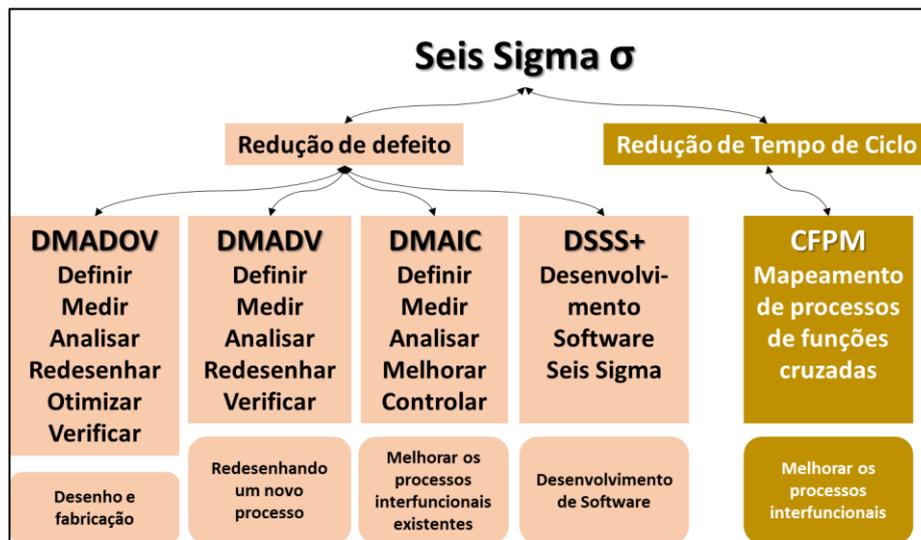
O Seis Sigma objetiva a melhoria contínua e a redução de variabilidade de processos sempre com o foco no cliente e baseado em fatos e na utilização de ferramentas da qualidade para identificar e minimizar as causas e efeitos dos problemas; visa que as atividades gerem, no máximo, três ou quatro defeitos por milhão de oportunidades; metodologia de implantação é o DMAIC, sigla que significa definir, medir, analisar, implementar e controlar (RASIS, 2003).

2.2.3. Metodologia Seis Sigma

O Seis Sigma busca reduzir as deficiências e desperdícios, pois uma vez que os desperdícios são menores nos processos, mais otimizado será o consumo dos recursos e materiais envolvidos. Como o Seis Sigma busca melhorar as capacidades da organização e a satisfação das exigências dos consumidores em constante mudança, ele utiliza-se de dados para fornecer melhores soluções e estatisticamente falando, alcançar o sexto sigma significa que os produtos ou resultados alcançados quase não têm defeitos em seus processos (R.K, 2018).

O Seis Sigma é aplicado por meio de algumas metodologias, sendo uma delas o método DMAIC, onde é utilizada na resolução de problemas, direcionador de projetos de melhoria, sendo apresentado em cinco etapas conforme Figura 2.

Figura 2: Metodologias Seis Sigma.



Fonte: IKUMAPAYI (2020).

Os benefícios do Seis Sigma são os principais atrativos que despertam o interesse das empresas pelo programa. O método tem como objetivo otimizar os processos de forma a torná-lo fácil em eliminar ou reduzir defeitos e cuidar que não apareçam oportunidade de erros, pois erros geram produtos com maior custo e menos confiáveis, podendo gerar insatisfação aos clientes.

Qualquer pessoa que tenha trabalhado dentro de uma organização orientada pelo Seis Sigma sabe que Seis Sigma não é apenas uma "metodologia de melhoria", trata-se de um sistema de gestão para alcançar uma liderança empresarial duradoura e o melhor desempenho aplicado para beneficiar o negócio e o seus clientes, associados e acionistas (PANDE, 2000).

2.3. METODOLOGIA DMAIC

A metodologia DMAIC originalmente também teve suas raízes na Motorola como parte do método Seis Sigma e atualmente um dos métodos mais utilizados para auxiliar a condução da gestão de projetos em uma empresa, uma vez que esse método possibilita a organização na implementação, desenvolvimento e conclusão dos projetos Seis Sigma (CLETO, 2011).

O DMAIC é também conhecido como evolução do programa Seis Sigma devido sua abordagem voltada para melhorias de processos. Os estágios da metodologia DMAIC identificam os desvios e definem oportunidades para melhorias por meio dos dados coletados e analisados (SCHROEDER, 2007).

A iniciativa em implementar a metodologia DMAIC no processo produtivo pode dar-se por meio do desenvolvimento e aplicação de cinco etapas baseada em dados para resolução de problemas. Essa abordagem ajuda a tratar de problemas complexos ou recorrentes, com uma metodologia rigorosa, possível de quantificar, medir os dados eficientemente para analisar e eliminar problemas.

Essa abordagem tem a definição *Define, Measure, Analyse, Improve e Control* ou, conforme tradução em português, Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar conforme Quadro 1.

Quadro 1: Etapas e atribuições do método DMAIC.

Etapas	Atribuições
Definir (<i>Define</i>)	Identificar qual processo será estudado, definir a proposta e o escopo do projeto. Quais os limites de abrangência, seu cliente e o que é defeito para o produto deste processo.
Medição (<i>Measure</i>)	Elaboração do mapa de processo, identificando todos os subprocessos e etapas do processo chave anteriormente definidas.
Análise (<i>Analyse</i>)	Selecionar as etapas de desempenho inferior e cuja melhoria promoverá um maior retorno econômico.
Melhoria (<i>Improve</i>)	Desenvolver o piloto, revisam-se e implementam-se as soluções que tratam as causas raízes. Utiliza-se de ferramentas como o projeto de experimentos e técnicas de otimização.
Controle (<i>Control</i>)	Realiza-se uma forma de controle estatístico sobre as variáveis de entrada de forma a permanecer dentro dos limites operacionais.

Fonte: ADAPTADO DE WERKEMA (2006).

2.3.1. Definir

De acordo com Setec (2006) nesta fase, o objetivo principal é definição da proposta e o escopo do projeto e utiliza-se de ferramentas com o formulário de planejamento do projeto, a análise do CTQ e diagramas de “serpentes e escadas”.

Para Brassard *et al* (2002 *apud* SILVA 2006 p. 62), nesta etapa as ferramentas mais comuns utilizadas são as seguintes:

- Diagrama de afinidade – esta ferramenta possibilita a equipe quanto a organização e sumarização dos dados;
- *Charter* – Com esta ferramenta é possível documentar que o projeto pode ser implementado e que recursos são disponíveis para a equipe;
- Plano de comunicação – esta ferramenta auxilia a comunicação regular com os acionistas que pode ajudar a equipe a compreender o trabalho, identificar as melhores soluções para os problemas;

- Cartas de Controle – com esta ferramenta é possível direcionar a atenção na detecção e monitoramento da variação do processo no tempo;
- Árvore de CTQ – com ela há a possibilidade de a equipe descrever as necessidades dos clientes e as características mensuráveis correspondentes;
- Coleta de dados – com os dados dos clientes coletados ajudam à equipe a compreender melhor o que é importante para o projeto;
- Modelo *Kano* – esta ferramenta ajuda a equipe compreender os requisitos dos clientes;
- Gráfico de Pareto – com uso desta ferramenta a equipe pode priorizar seus esforços nos problemas questão causando maiores dificuldades e auxilia na definição preliminar do problema;
- Gráfico de tendência – esta ferramenta possibilita a equipe a estudar o desempenho do processo para identificar tendências no decorrer do tempo;
- SIPOC – com a análise do SIPOC (fornecedores, entradas, processo, saídas clientes) a equipe pode compreender os elementos principais do processo e definir os limites e o escopo do processo estudado;
- Revisão (*Tollgate*) – é um processo de revisão formal que auxilia no acompanhamento e sucesso do resultado do projeto;

2.3.2. Medir

Esta fase enfoca os esforços de melhoria reunindo informações da situação atual. Entre as ferramentas estão fluxogramas, definições operacionais, ferramentas de coleta de dados, amostragem, gráficos de controle, estratificação e gráficos de Pareto.

Para Eckes (2001) no desenvolvimento desta etapa deve-se medir o desempenho atual do processo e diminuir a área do problema, deve-se obter os dados iniciais do processo em estudo e avaliar a habilidade dos processos atuais em fornecer os produtos de acordo com as exigências estabelecidas.

Na fase medir é preciso priorizar a identificação das métricas válidas e confiáveis que apoiarão no desenvolvimento de uma estrutura para medição de dados. Além de definir o que deve ser medido, é neste momento que se deve criar um plano de coleta de dados bem elaborado e eficiente para possibilitar uma gestão de quem coletará e compilará os dados, como o processo

de medição será monitorado e o que deve ser mudado ou adaptado para facilitar a sistemática da medição (ECKES, 2001).

Segundo Brassard *et al* (2002) o principal objetivo é direcionar os esforços de melhoria, obtendo informações sobre a situação atual. Com o desenvolvimento desta etapa devemos ter, uma visão melhor dos processos, quais são os pontos ao longo processo que precisam de melhorias, ter as reais informações dos processos possibilitando uma definição final do problema. Nessa etapa as ferramentas mais comuns utilizadas são:

- Coleta de dados;
- Fluxograma;
- Histograma;
- Análise de sistemas de medição;
- Cartas de controle;
- Definições operacionais;
- Gráfico de Pareto;
- Processo Sigma;
- Gráfico de sequência;
- Revisão do projeto (*Tollgate*).

2.3.3. Analisar

Nesta terceira fase deve-se analisar as causas-raiz potenciais e confirmá-las com os dados atuais do processo, em que esses dados são analisados para se determinar o desempenho e a capacidade sigma dos processos (SETEC, 2006).

A ênfase nesta etapa é a análise dos dados coletados e determinação das causas de defeitos e oportunidades para busca da melhoria, identificando pontos de melhorias entre desempenho real e metas estabelecidas, bem como as fontes reais de variação dos processos. As atividades desenvolvidas nesta fase incluem ainda a caracterização do nível sigma e a identificação das oportunidades para melhoria, assim como os objetivos quantitativos para cada oportunidade (TEIXERA, 2005).

Para Brassard *et al* (2002) nesta fase o objetivo principal é determinar as causas-raiz e confirmá-las com dados e para isto as ferramentas normalmente utilizadas são:

- *Brainstorming* (Chuva de ideias);
- Histograma;

- Teste de hipótese;
- Diagrama de causa e efeito;
- Delineamento de experimento;
- Diagrama de dispersão;
- Diagrama de árvore;
- 5 Por quês;
- Matriz de Priorização (2 x 2);
- 5W2H;
- Revisão do projeto (*Tollgate*);

2.3.4. Melhorar

Na quarta fase, desenvolve-se o piloto, revisam-se e implementam-se as soluções que tratam das causas raízes. Usam-se os dados para avaliar tanto as soluções quanto os planos utilizados para finalizá-las.

Nesta etapa deve-se melhorar o processo desenvolvendo e testando soluções que tratem das causas-raiz, atuando no processo com o objetivo de reduzir significativamente os níveis de defeitos existentes. A melhoria do processo estudado é obtida por meio de projetos que englobem soluções criativas para fixar e prevenir problemas (SETEC, 2006).

Para Brassard *et al* (2002) será nesta fase a implementação de soluções que eliminem as causas-raiz dos problemas e para isto as ferramentas mais comumente utilizadas são:

- FMEA (Modo de falhas e seus efeitos) ferramenta de caráter preventivo permite tomar ações de contenção para reduzir ou eliminar riscos;
- Histograma - comparando o antes e o depois, os histogramas mostram quanto de progresso tem sido alcançado;
- Matriz de envolvimento - auxilia a equipe a pensar sobre quem deve estar envolvido nas diferentes etapas necessárias para fazer da mudança uma realidade, e qual nível de envolvimento é apropriado para eles;
- Gráfico de Pareto - assim como os histogramas, o gráfico de pareto é uma forma de ver objetivamente quanto de progresso tem sido obtido com o projeto;
- Matriz de priorização - avalia as alternativas de soluções para um determinado problema;

- Processo sigma - mostra a eficácia de qualquer solução por meio do cálculo o novo nível sigma do processo;
- Diagrama de atividade/gráfico de *Gantt* - usado para acompanhar os planos de implementação;
- *Brainstorming* (chuva de ideias) - possibilita a geração eficiente de muitas possíveis soluções;
- Escala de comprometimento - auxilia na compreensão de como o trabalho deve ser feito para alcançar os níveis desejados de comprometimento;
- Cartas de controle - nesta fase, essas cartas são usadas para mostrar o desempenho do passado e do presente de um indicador;
- Gráfico de sequência - tal como a carta de controle, este gráfico mostra se uma solução tem efeito real ou atrasado no processo;
- Revisão do projeto (*Tollgate*) - um processo de revisão formal que ajuda a manter o projeto atualizado e promover resultados satisfatórios;

2.3.5. Controlar

Finalmente a quarta etapa, nela se mantêm os ganhos pela padronização dos métodos de trabalho, dos processos e transição para a implementação completa. Antecipam-se as melhorias futuras e preservam-se as lições deste esforço.

Nesta etapa deve-se controlar o processo para manter os ganhos e a transição para a implementação completa, para isto usa-se o Controle Estatístico do Processo (CEP) para manter as melhorias no desempenho esperado. Esta fase terá como resultados as práticas de documentação para o novo método implementado, os treinamentos para o novo método e um Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo (PMCS) operacional para quem ficar responsável pela manutenção das melhorias conseguidas pelo projeto (SETEC, 2006).

Para Brassard *et al* (2002) nesta fase deve-se controlar os ganhos obtidos com a implementação das melhorias, padronizar os métodos de controle e estabelecer responsáveis pela manutenção da melhoria destes processos e para isto as ferramentas mais utilizadas são:

- Plano de comunicação – ajuda a comunicar efetivamente o projeto ao resto da organização;
- Cartas de controle – podem ajudar a quantificar continuamente a capacidade do processo e identificar quando eventos especiais interrompem as operações normais;

- Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) – serve como um lembrete para pensar em melhoria como algo contínuo;
- Cartas de gerenciamento de processos – documenta o PDCA – o plano para executar o trabalho, como verificar os resultados, e como atuar se algo indesejável ou inesperado surge;
- Gráfico de tendência – monitora o progresso no decorrer do tempo após a finalização do projeto;
- Revisão do projeto (*Tollgate*) – um processo de revisão formal que ajuda a manter o projeto atualizado e promover resultados satisfatórios.

2.4. CRÍTICO PARA QUALIDADE (CTQs)

Para Brassard *et al* (2002) a segunda etapa do DMAIC, é a fase do entendimento das necessidades e expectativas dos clientes relativas ao produto ou serviço que está sendo criado, para isto traduz-se a VOC (*Voice Of Client* - voz do cliente) em características críticas para a qualidade (CTQ – *Critical To Quality*) do projeto que, serão os objetivos do novo processo.

As métricas utilizadas no método DMAIC medem os defeitos de forma mais eficaz do que as utilizadas normalmente nos programas de qualidade. Essas métricas e termos são as características Críticas para a Qualidade.

Característica Crítica para a Qualidade (CTQ) trata-se da descrição de um atributo do produto ou serviço que influencia a decisão de compra do cliente.

Os CTQs existem em vários níveis de processos e devem ser definidos de modo que indicadores possam ser criados para medi-los.

São alguns exemplos de CTQs:

- Pontualidade de entrega;
- Precisão de definições;
- Conformidade do produto;
- Conhecimento dos produtos e serviços.

Para ajudar na definição dos CTQs podemos fazer duas perguntas, sendo a primeira: O que é crítico para o mercado? E segunda sendo quais são os processos críticos? (FOUQUET, 2012).

Uma vez que é de conhecimento para a empresa o que é crítico para a qualidade, projetos DMAIC podem ser realizados para garantir aumento sem seu desempenho reduzindo sistematicamente a variabilidade em seus processos (STONE, 2012).

Podemos listar dez Características chaves para a Qualidade, possíveis CTQs, pelas quais o cliente procura em um serviço conforme Quadro 2.

Quadro 2: Possíveis CTQs do Cliente: Serviço.

CTQs	Características principais
Confiabilidade	Consistência de desempenho e confiabilidade;
Receptividade	Disposição e prontidão para prestar serviços;
Competência	Habilidades e conhecimentos necessários para executar o serviço
Acessibilidade	Facilidade de contato;
Cortesia	Educação e respeito, e uma aparência limpa e arrumada;
Comunicação	Manter os clientes informados usando linguagem que eles possam compreender; prestar atenção ao cliente; responder às consultas dos clientes;
Credibilidade	Ter sempre em mente o interesse do cliente; honestidade;
Segurança	Sem perigos, riscos ou dúvidas;
Compreensão	Fazer um esforço para compreender as necessidades dos clientes;
Tangibilidade	Evidência física de serviço;

Fonte: ADAPTADO DE SETEC (2006).

Podemos listar nove Características chaves para a Qualidade, possíveis CTQs, pelas quais o cliente procura em um produto conforme Quadro 3.

Quadro 3: Possíveis CTQs do Cliente: Produto.

CTQs	Key features
Desempenho	Características básicas do produto;
Características	Toques adicionais;
Conformidade	Precisão ou atendendo às expectativas;
Disponibilidade	Disponível conforme necessário;
Confiabilidade	Desempenho constante ao longo do tempo;
Utilitário	Adaptabilidade, capacidade de resposta;
Durabilidade	Longa vida útil;
Estética	Som, textura, aparência;
Reputação	Qualidade percebida e fatores intangíveis;

Fonte: ADAPTADO DE SETEC (2006).

2.5. DIAGRAMA SIPOC

A ferramenta SIPOC originalmente pode estar relacionada à um dos gurus da qualidade, Edward Deming, e ao movimento propagado pelo mesmo conhecido como *Total Quality Management* – TQM (Gestão da Qualidade Total, em português), no qual um dos princípios é de que os processos são integrados sistemicamente (BROWN, 2019).

Para um melhor entendimento do SIPOC, o qual permite uma visão de um processo de alto nível, definido os limites do processo, como ponto inicial e final, é preciso entender que

processos são séries de atividades por meio das quais o material enviado por um fornecedor (input/entrada) é transformado para que se entregue um resultado ou output/saída ao cliente.

A ferramenta SIPOC passa pela transformação conhecida como “valor agregado”; isto é, passa por uma entrada, adicionamos valor e a repassamos. O conceito é visualmente descrito no modelo SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers* – fornecedores, entradas, processo, saídas, clientes) (PARKASH e KAUSHIK, 2011).

O SIPOC pode ser representado pela Figura 3, onde são tratadas as seguintes questões:

S – Fornecedores (*Suppliers* traduzido para o inglês): que fornecedor que alimenta a entrada para o processo?

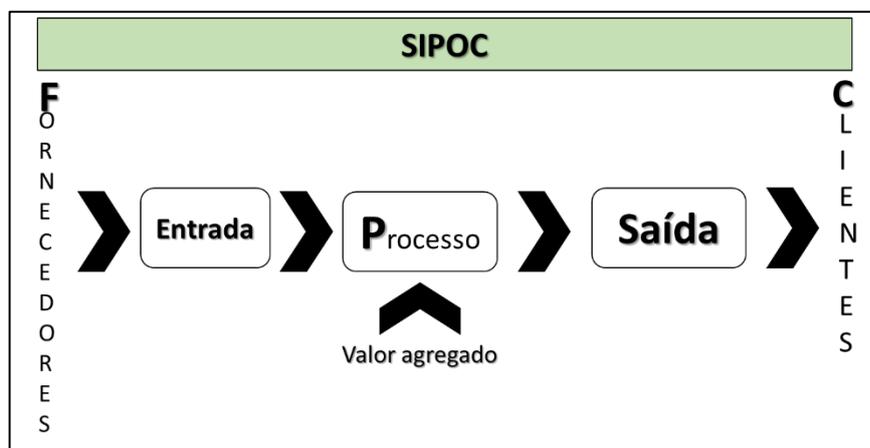
I – Entrada (*Input* traduzido para o inglês): que item ou serviço deve ser processo na etapa seguinte?

P – Processo (*Process* traduzido para o inglês): quais são as etapas passo a passo do processamento? Se necessário desenhar um fluxo.

O – Saída (*Output* traduzido para o inglês): quais as entregas do que foi processado na etapa anterior?

C – Clientes (*Customers* traduzido para o inglês): o que o cliente receberá como saída?

Figura 3: Mapa do SIPOC.



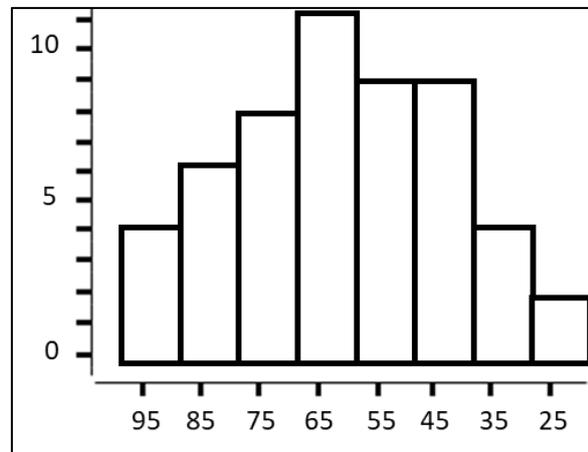
Fonte: ADAPTADO DE SETEC (2006).

2.6. HISTOGRAMA

O histograma segundo Miguel (2001) é uma ferramenta estatística que fornece a frequência de um determinado valor ou uma classe de valores ocorrida em um grupo de dados. O gráfico de barras é a característica desta ferramenta, uma representação gráfica de uma distribuição de frequência por meio de barras na horizontal, onde sua largura representa um

dado intervalo de classe da variável, e a altura na vertical representa a frequência de ocorrência conforme Figura 4.

Figura 4: Modelo de Histograma



Fonte: SILVA (2010).

2.7. FERRAMENTA 5 POR QUÊS

O método 5 Por quês foi também originalmente criado pela Toyota e tem como objetivo ajudar a encontrar a origem do problema por meio de cinco indagações seguidas de sobre o porquê acontece determinadas ocorrências (OHNO, 1997).

Este método inicia-se com o a definição do problema e a pergunta do porquê ele ocorreu. Após se descobrir os maiores motivos do problema é feito novamente a pergunta do porquê dessas causas. Normalmente encontra-se a causa raiz depois da quinta indagação, porém se for preciso, deve-se continuar as perguntas do por quê até descobrir o que originou o problema (JOHNSON, 2003).

No método dos 5 por quês é colocado em questão o porquê daquele problema, sempre questionando a causa anterior. O número de cinco perguntas é variável, pois na prática pode ser identificada a causa raiz do problema por meio de mais de cinco perguntas ou menos de cinco perguntas (SERRAT, 2017).

Ao chegar nos Por Quês mais profundos, é hora de organizar as ideias, usando a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito ou outra ferramenta, assim, ao analisar o que foi levantado será possível dizer “isto causa isto que causa aquilo”, o que funciona como uma outra checagem de seu raciocínio.

A real causa raiz será sempre o “por quê” mais baixo que for respondido e para aplicação dessa ferramenta pode-se utilizar a Tabela 3.

Tabela 3: Ferramenta modelo 5 Por quê.

Causa Potencial	1° Por quê	2° Por quê	3° Por quê	4° Por quê	5° Por quê

Fonte: ADAPTADO DE WEISS (2011).

2.8. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

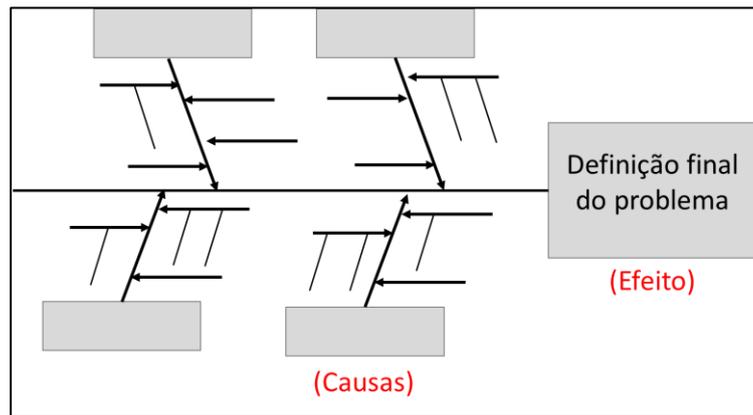
O Diagrama de causa e efeito, ou também conhecido como espinha-de-peixe ou ainda Diagrama de Ishikawa, é uma ferramenta gráfica utilizada no gerenciamento e controle da qualidade em diferentes processos. Foi sugerido pelo engenheiro químico japonês Kaoru Ishikawa na década de 40 e melhorado ao longo dos anos. Com a sua utilização é possível identificar as prováveis causas de um problema específico, destacando a interação entre o efeito, uma característica de qualidade, e as suas causas (FERNANDES *et al*, 2012).

De acordo com Peinado & Graemi (2007), o Diagrama de Ishikawa ilustra as possíveis causas de uma ocorrência específica. Estas possíveis causas correspondem a hipóteses que precisam ser analisadas e validadas individualmente, com a finalidade de atestar sua veracidade e determinar o grau de influência ou impacto sobre a situação em análise. Nessa metodologia, todo problema possui causas específicas, e essas por sua vez devem ser analisadas uma a uma, a fim de assegurar qual delas é a real causa do efeito, com isso, elimina-se a causas, logo elimina-se o problema.

O diagrama de Ishikawa ajuda a simplificar processos complexos dividindo-os em processos mais simples e, portanto, mais controláveis (TUBINO, 2004). Para Oliveira & Sakamoto (2006) essa ferramenta da qualidade visa por meio do ataque à causa (processo), extinguir e coibir o aparecimento de problemas (efeitos).

É possível ter uma representação gráfica do desdobramento e levantamento de possíveis causas que geram efeitos no processo conforme Figura 5.

Figura 5: Diagrama de Ishikawa.



Fonte: SETEC (2006).

2.9. FERRAMENTA 5W2H

Após a identificação da causa raiz de um problema ou efeito estudado, será preciso a criação de várias ações de melhoria para a eliminação de cada causa. Deste modo, a ferramenta 5W2H é proposta com o intuito de eliminar as causas e implementar melhores condições de operações nos processos de estudo conforme o Quadro 4 (PACAIOVA, 2015).

Quadro 4: Modelo de ferramenta 5W2H.

Palavra Chave	Questões
O que	Qual é o problema detectado?
Por que	Por que esta ação será feita, qual é sua justificativa?
Onde	Onde esta ação será realizada?
Quando	Quando esta ação será realizada?
Quem	Quem é o responsável pela ação?
Como	Como ela será realizada?
Quanto custa	Quanto custará a realização da ação?

Fonte: ADAPTADO DE SETEC (2006).

CAPÍTULO 3

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS

Para construção deste trabalho a metodologia de pesquisa utilizada foi um estudo de caso qualitativo e quantitativo, realizado por meio de pesquisa de campo e pesquisa documental.

As pesquisas realizadas envolveram um levantamento bibliográfico sobre o tema, entrevistas com colaboradores da empresa estudada que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e investigação de dados históricos concedidos pela empresa para uma melhor investigação do problema.

Com este método, foi possível realizar a descrição das características de uma organização do segmento de bebidas atuante na cidade de Manaus, antes e depois da implantação do *Lean Seis Sigma* e método DMAIC visando a obtenção dos objetos definidos.

3.2. MÉTODOS

Os métodos de estudo aplicados neste trabalho foram em uma das empresas do Grupo Simões, atuante no segmento de bebidas a mais de 70 anos no PIM. Os objetos de estudo foram nos setores de xaroparia e envase de bebida refrigerante, mais especificamente na linha de produção de PET.

Diante de conceitos pré-estabelecidos sobre ferramentas do *Lean Seis Sigma* e método DMAIC, definiu-se estratégias para a aplicação dessas ferramentas com foco no levantamento das oportunidades para redução da perda de açúcar ao longo do processo produtivo.

3.2.1. Procedimento de coletas e análise de dados

Na etapa de coleta de dados secundários, as informações foram obtidas por meio de fontes disponibilizadas pela empresa, como os relatórios de consumo de insumos referentes ao período de janeiro a outubro de 2021, detalhando a quantidade de açúcar consumida no período analisado. A técnica de coleta para obtenção de dados secundários baseou-se na consulta a esses documentos. Richardson (1999, *apud* Moura, 2002, p. 70) ressalta que a análise documental “pode ser definida como a observação que tem como objeto não os fenômenos sociais, quando

e como se produzem, mas as manifestações que registram estes fenômenos e as ideias elaboradas a partir deles”.

Foram utilizadas as mesmas ferramentas de coleta de dados e indicadores utilizados para avaliação das etapas da implementação do procedimento metodológico *Lean Seis Sigma* na empresa:

- consumo de açúcar na dosagem xaropes (Consumo em kg);
- percentual de perda de açúcar (% Indicador de Perda);
- controle estatístico de processo do conteúdo líquido (CEP);
- análise dos Indicadores de Desempenho da Empresa: custo unitário de produção, perdas industriais, performance de linha e nível de estoque;

3.2.2. Aplicação do método DMAIC

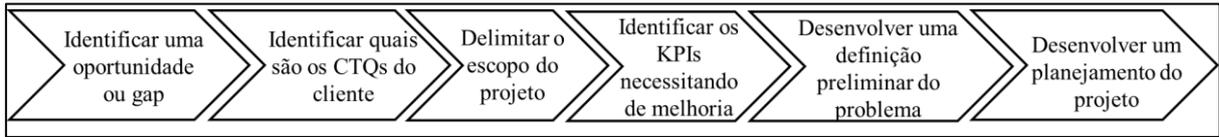
A aplicação do procedimento metodológico do *Lean Seis Sigma* trata-se do ponto central desta etapa cujo objetivo foi aplicar o modelo DMAIC neste estudo de caso de cunho exploratório em busca da redução de uma perda significativa para a empresa em estudo.

Em seguida foi realizada uma coleta de dados e de informações pertinentes ao processo de dosagens de xarope que consomem açúcar em suas atividades e o processo de envasamento de garrafa PET com bebida refrigerante. Foram analisadas as ferramentas estatísticas e de qualidade aplicadas a partir do modelo DMAIC, analisando os resultados práticos da aplicação deste procedimento e por fim foi realizada a compilação desta pesquisa com apresentação dos resultados obtidos. Todas as etapas citadas acima foram realizadas dentro de um cronograma pré-estabelecido e divididas nas seguintes etapas do DMAIC.

3.2.2.1. Etapa Definir

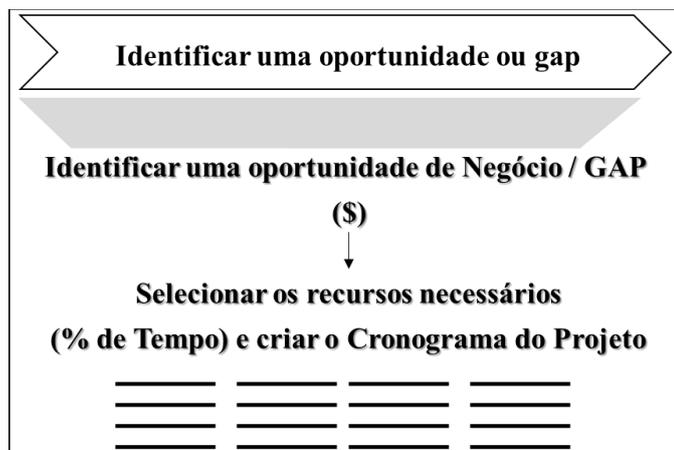
Nesta fase, define-se a proposta e o escopo do projeto por meio da identificação da oportunidade ou gap do negócio. Entre as ferramentas desta fase estão o formulário de planejamento do projeto, a identificação e análise dos CTQs do cliente, diagrama de “serpentes e escadas”. Nesta etapa identifica-se o indicador que se necessita de melhoria e elabora-se o planejamento do projeto. É possível descrever um mapa desta fase conforme Figura 6.

Figura 6: Mapa do DMAIC – 1. Definir.



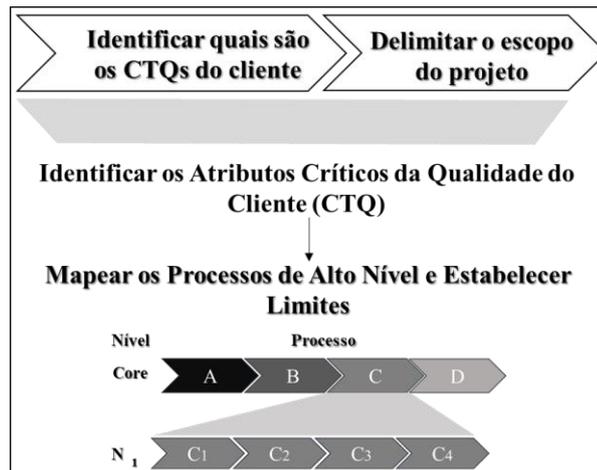
O desdobramento da primeira atividade dentro da fase definir pode ser representado pela Figura 7 o qual demonstra a necessidade de identificar a oportunidade de negócio ou gap gerando uma mensuração da oportunidade de ganho financeiro para a empresa, assim como a seleção de recursos com seus respectivos percentuais de dedicação de tempo na execução do projeto, assim possibilitando a construção do cronograma do projeto.

Figura 7: Mapa do Definir – 1ª atividade.



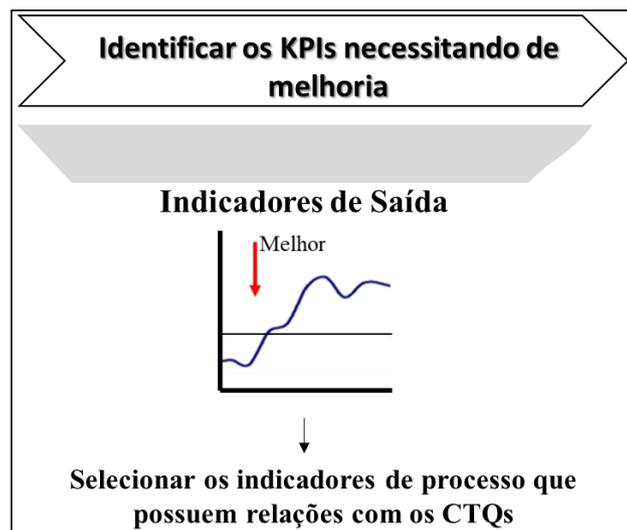
O desdobramento das segunda e terceira atividades dentro da fase definir pode ser representado pela Figura 8 o qual demonstra a necessidade de identificar os atributos críticos da qualidade do cliente (CTQ), identificando os indicadores estratégicos “Y”, assim como os indicadores “X” que impactam no resultado de “Y”. Assim como a elaboração do mapeamento dos processos de alto nível e estabelecimento dos limites de atuação do projeto.

Figura 8: Mapa do Definir – 2ª e 3ª atividades.



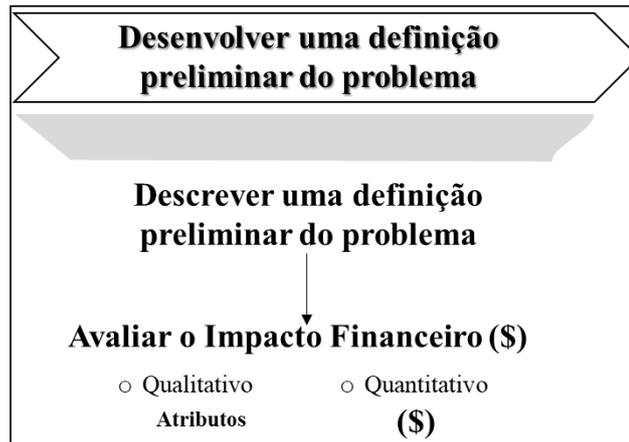
O desdobramento da quarta atividade dentro da fase definir pode ser representado pela Figura 9 o qual demonstra a necessidade de identificar os indicadores de saída que precisam de melhorias, esse levantamento pode ser oriundo de gráficos estatísticos que demonstram os históricos e tendências dos resultados atuais do negócio.

Figura 9: Mapa do Definir – 4ª atividade.



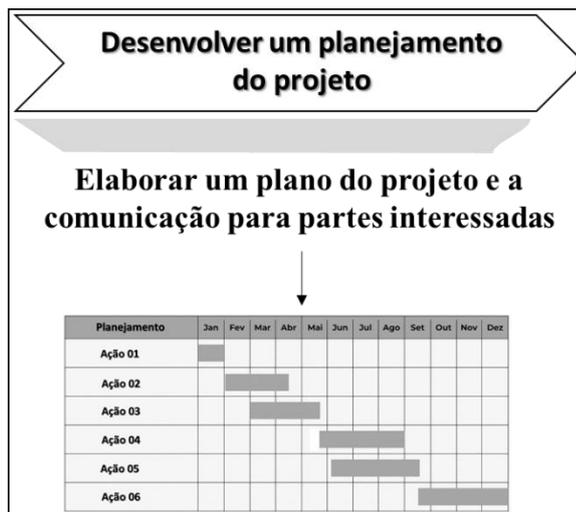
O desdobramento da quinta atividade dentro da fase definir pode ser representado pela Figura 10 o qual demonstra a necessidade de desenvolver uma definição preliminar do problema frente aos dados iniciais levantados, nesta atividade é possível avaliar o impacto financeiro que a empresa esperar como resultado após a implementação da metodologia DMAIC, esse impacto pode ser de valor qualitativo quanto quantitativo para o negócio.

Figura 10: Mapa do Definir – 5ª atividade.



O desdobramento da sexta atividade dentro da fase definir pode ser representado pela Figura 11 o qual demonstra a necessidade de elaboração do planejamento do projeto, onde a equipe do projeto pode realizar uma análise inicial das partes interessadas, assim como detalhar os envolvidos no desenvolvimento do projeto, tais como: *Sponsor*, *Master Black Belt*, *Black Belt*, membros e seus respectivos cargos e seus percentuais de dedicação de tempo na execução do projeto.

Figura 11: Mapa do Definir – 6ª atividade.



3.2.2.2. Etapa Medir

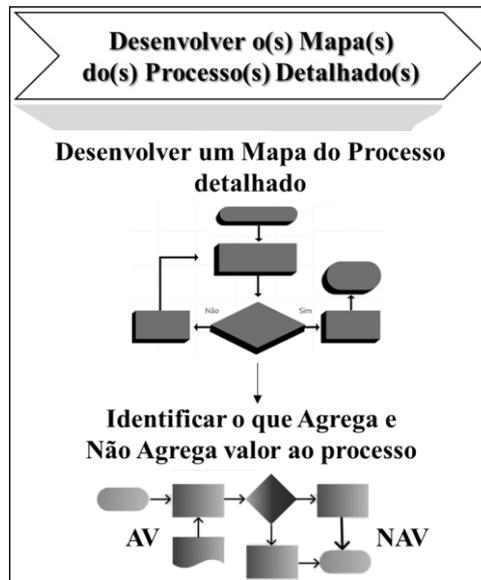
Esta fase enfoca os esforços de melhoria reunindo das informações para estabelecer a capacidade da situação atual para cada características levantadas no CTQ. Entre as ferramentas estão fluxogramas, definições operacionais, ferramentas de coleta de dados, amostragem, gráficos de controle, estratificação e gráficos de Pareto. É possível descrever um mapa desta fase conforme Figura 12.

Figura 12: Mapa do DMAIC – 2. Medir.



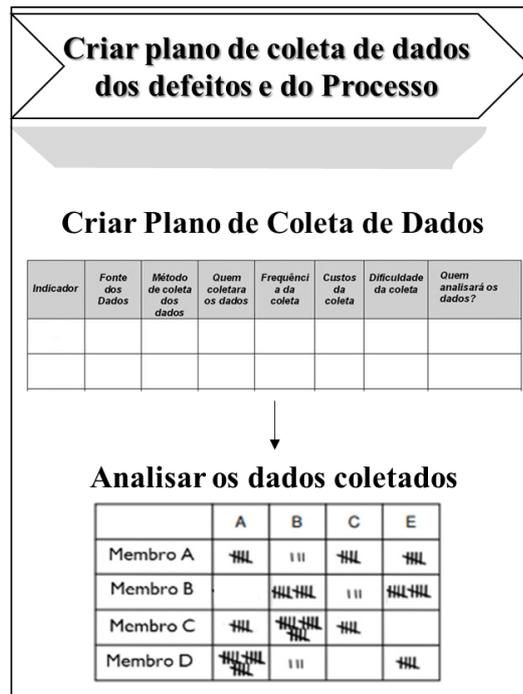
Como desdobramento da primeira atividade dentro da fase medir pode-se representar por meio da Figura 13 o qual demonstra a necessidade de criação do mapa detalhado do processo em estudo assim como a identificação do que agrega e não agrega valor ao processo estudo.

Figura 13: Mapa do Medir – 1ª atividade.



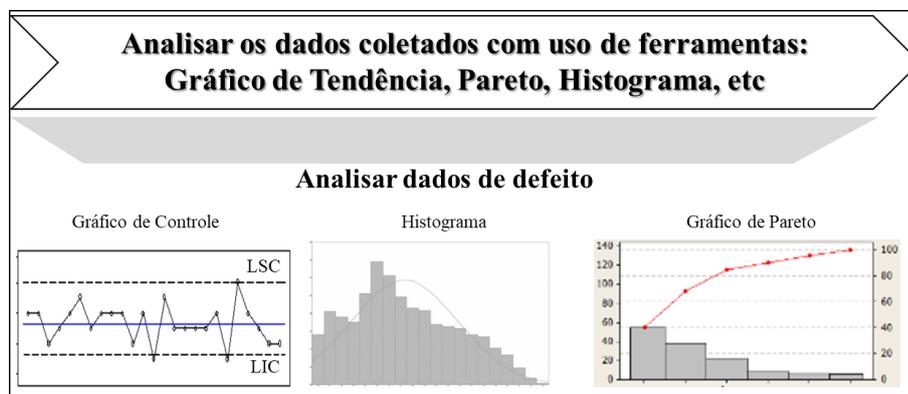
Como desdobramento da segunda atividade dentro da fase medir pode-se representar por meio da Figura 14 o qual demonstra a necessidade de criação de um plano de coleta de dados para captura dos dados dos defeitos e para medição de como estão os desempenhos dos processos e subprocessos. O plano de coleta de dados pode conter informações como a descrição dos indicadores a serem medidos, a forma de medição, a frequência da medição, o responsável pela coleta dos dados e a segmentação da coleta.

Figura 14: Mapa do Medir – 2ª atividade.



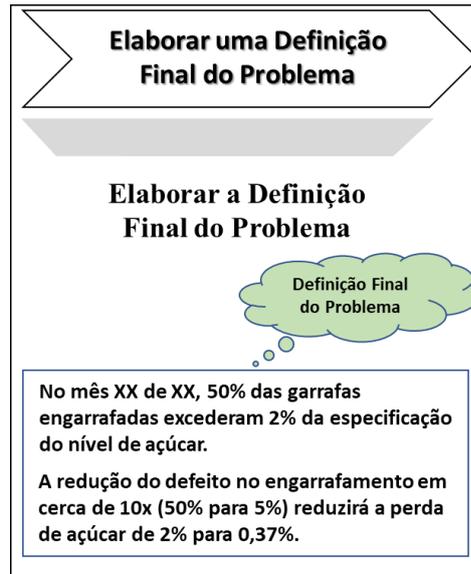
Como desdobramento da terceira atividade dentro da fase medir pode-se representar por meio da Figura 15 o qual demonstra a necessidade de análise dos dados capturados na coleta, essa análise dá-se por meio de plotagem dos dados e geração de gráficos estatísticos os quais serão comparados com especificações predefinidas pela empresa, onde serão identificadas as variações dos processos estudados.

Figura 15: Mapa do Medir – 3ª atividade.



Como desdobramento da quarta atividade dentro da fase medir pode-se representar por meio da Figura 16 o qual demonstra o desenvolvimento de uma definição final do problema estudado, uma vez que há dados suficientes para este fechamento da fase de medição.

Figura 16: Mapa do Medir – 4ª atividade.



Todas essas atividades para as medições de perdas se deram nos processos de dosagens de xarope e enchimento de garrafas PET, assim foi possível a estratificação e delimitação final do foco do projeto. Como métrica de cálculo do percentual de perda foi utilizado o seguinte conceito da equação 1.

$$\text{Perda de Açúcar(\%)} = \frac{\text{Qtd.Real (Kg)} - \text{Qtd.Teórica (Kg)}}{\text{Qtd.Teórica (Kg)}} \times 100 \quad (1)$$

3.2.2.3. Etapa Analisar

Esta fase envolve a identificação das variáveis do processo que influenciam nos CTQs levantados, identificando também variáveis de ruídos (RASIS; GITLOW; POPOVICH, 2002).

Nesta etapa as causas raízes são identificadas e confirmadas com os dados. Entre as ferramentas relevantes estão ferramentas de coleta de dados, diagrama de causa e efeito, teste de hipóteses, diagramas de dispersão, análise de regressão e delineamento de experimentos, resumido no Mapa da Fase na Figura 17.

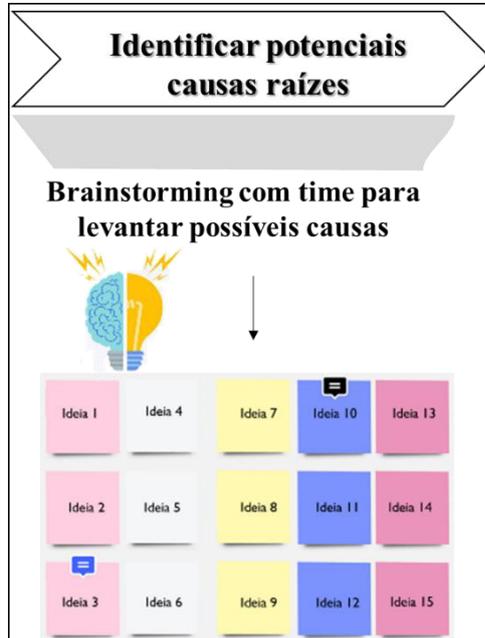
Figura 17: Mapa do DMAIC – 3. Analisar



O desdobramento da primeira atividade dentro da fase analisar pode ser representado pela Figura 18 o qual demonstra a necessidade de realização de um *Brainstorming* com o time

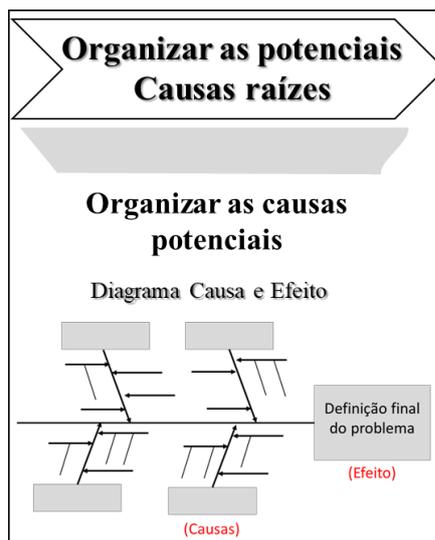
envolvido nos processos estudados para levantamento das possíveis causas que geram os desvios nos processos estudados, esta atividade é um método para gerar muitas ideias rapidamente, o qual estimula a criatividade, envolve a todos, cria excitação e energia, separa as pessoas das ideias que surgem.

Figura 18: Mapa do Analisar – 1ª atividade.



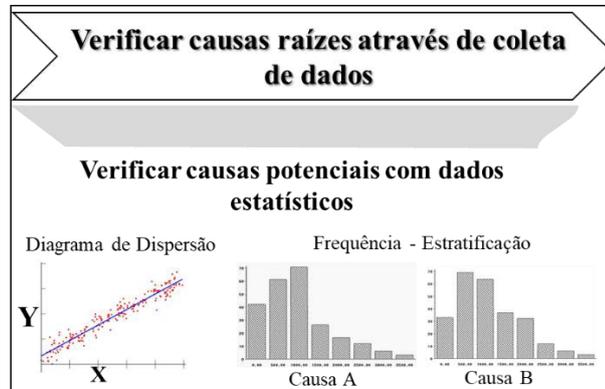
O desdobramento da segunda atividade dentro da fase analisar pode ser representado pela Figura 19 o qual demonstra a necessidade de organizar as causas potenciais, buscando relações entre si por meio do uso da ferramenta Diagrama de Ishikawa ou também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, ou ainda Diagrama de Espinha de peixe por se parecer com uma.

Figura 19: Mapa do Analisar – 2ª atividade.



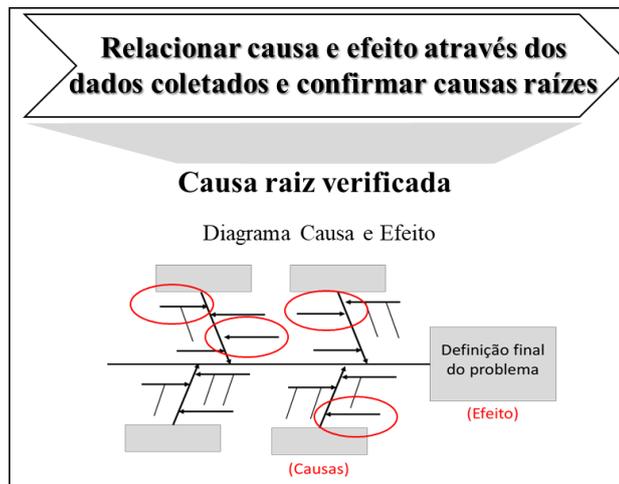
O desdobramento da terceira atividade dentro da fase analisar pode ser representado pela Figura 20 o qual demonstra a necessidade de verificar as causas, uma vez que o diagrama utilizado na atividade anterior identifica apenas causas potenciais, porém é preciso coletar dados para confirmar quais causas potenciais realmente contribuem para o problema.

Figura 20: Mapa do Analisar – 3ª atividade.



O desdobramento da quarta atividade dentro da fase analisar pode ser representado pela Figura 21 o qual demonstra a necessidade de quantificar as relações de causa e efeito para seguir com a confirmação da causa raiz do problema, estabelecendo prioridades e coletar dados apenas nas causas mais prováveis.

Figura 21: Mapa do Analisar – 4ª atividade.



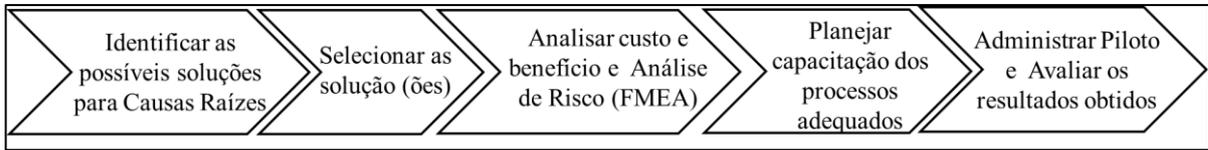
3.2.2.4. Etapa Melhorar

Nesta etapa devem ser geradas ideias sobre soluções potenciais para eliminação das caudas fundamentais dos problemas priorizados na etapa de análise (WERKEMA, 2002)

Nesta fase desenvolve-se o piloto, revisam-se e implementam-se as soluções que tratam das causas raízes. As ferramentas desta etapa incluem formulários de checagem, matriz de

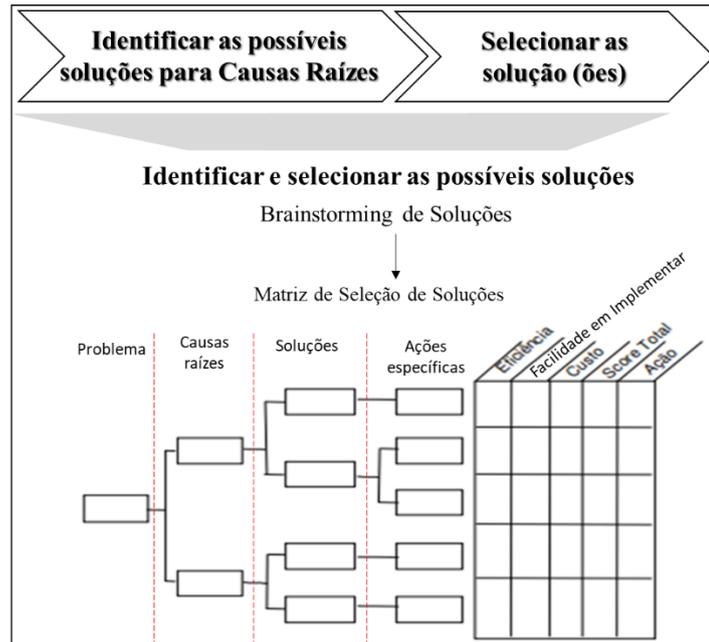
priorização, análise de custo-benefício, FMEA, delineamento de experimentos, ferramentas de planejamento, ferramentas de gerenciamento de mudança, gráficos de Pareto, gráficos de controle e gráficos de frequência, resumido no Mapa da Fase conforme Figura 22.

Figura 22: Mapa do DMAIC – 4. Melhorar



Os desdobramentos da primeira e segunda atividades dentro da fase melhorar podem ser representados pela Figura 23 o qual demonstra a necessidade de identificar possíveis soluções para as causas raízes por meio da ferramenta *brainstorming* de possíveis soluções. Uma vez levantadas as ideias de possíveis soluções utiliza-se a ferramenta matriz de seleção de soluções o qual quantifica e prioriza as soluções maior pontuação nos critérios: alta eficiência com a implementação, grau de facilidade de implementação e custo com a implementação da solução.

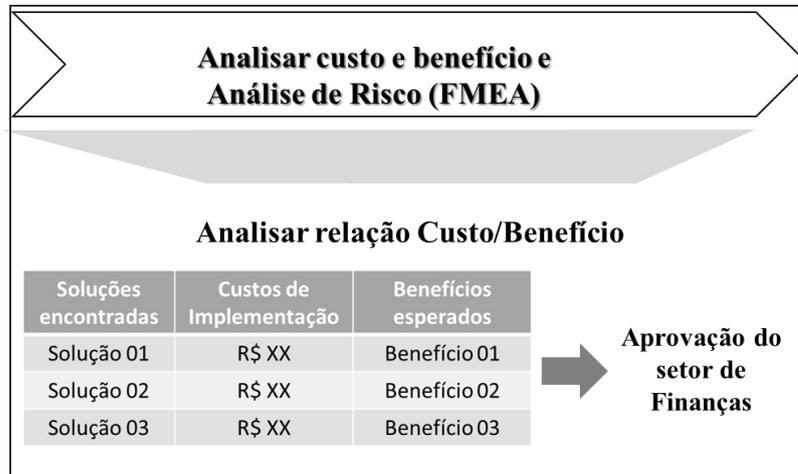
Figura 23: Mapa do Melhorar – 1ª e 2ª atividades.



O desdobramento da terceira atividade dentro da fase melhorar pode ser representado pela Figura 24 o qual demonstra a necessidade de conduzir as análises de custo/benefícios para cada uma das soluções selecionadas para confirmar que cada solução terá uma recompensa adequada e que foi aprovada por Finanças, identificar os possíveis riscos associados com as implementações, assegurar que a implementação de cada solução tenha um risco aceitável e

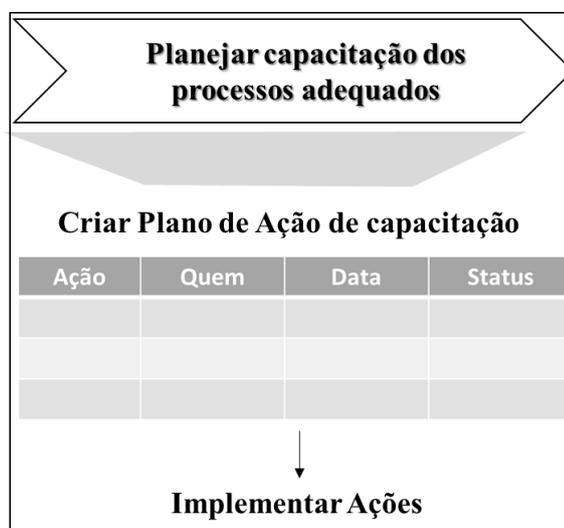
mostrar ao *Sponsor* os possíveis riscos e recompensas. Necessita-se também o uso da ferramenta FMEA (Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos) o qual gera uma antecipação de possíveis problemas com a tomada de algumas contramedidas para reduzir ou eliminar os riscos.

Figura 24: Mapa do Melhorar – 3ª atividade.



O desdobramento da quarta atividade dentro da fase melhorar pode ser representado pela Figura 25 o qual demonstra a necessidade de desenvolver um planejamento de ações estruturados, este plano de ação cataloga todas as atividades que devem ser realizadas para garantir o sucesso da implantação da solução proposta e um plano de treinamento para certificação de que todos que utilizarão o processo sejam treinados pelos novos métodos.

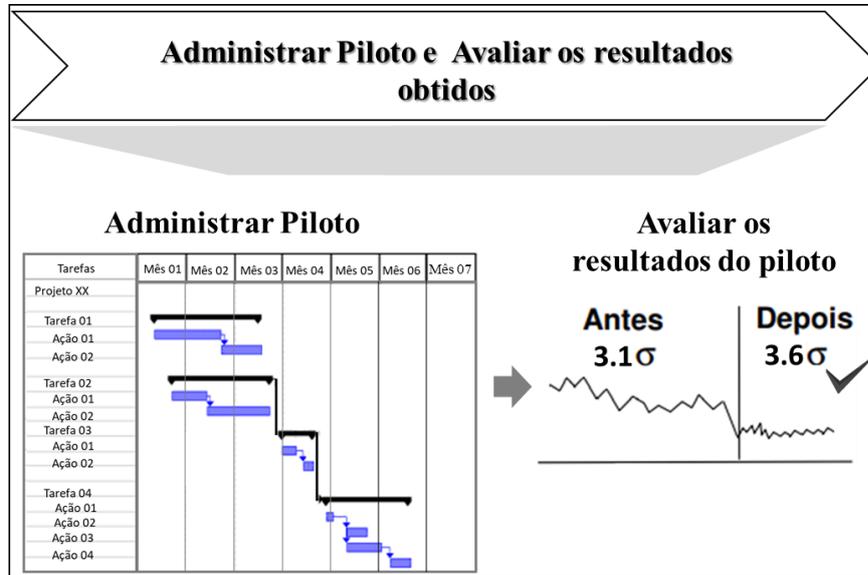
Figura 25: Mapa do Melhorar – 4ª atividade.



O desdobramento da quinta atividade dentro da fase melhorar pode ser representado pela Figura 26 o qual demonstra a necessidade de conduzir um piloto que é um teste de “todo

o sistema” em menor escala e avaliar resultados por meio da coleta de dados dos resultados para avaliação da solução e coleta de dados do piloto para fazer com que a implementação completa seja mais eficiente.

Figura 26: Mapa do Melhorar – 5ª atividade.



3.2.2.5. Etapa Controlar

Nesta etapa são implementados os mecanismos necessários para monitorar continuamente o desempenho de cada processo, com o objetivo de garantir a sustentação das melhorias ao longo do tempo (ECKES, 2001).

Finalmente nesta fase se mantêm os ganhos pela padronização dos métodos de trabalho, dos processos e transição para a implementação completa. Antecipam-se as melhorias futuras e preservam-se as lições deste esforço. Nesta fase, são comuns as ferramentas: formulário de checagem, gráficos de tendência, gráficos de controle e gráficos de Sistema de Controle de Gerenciamento do Processo, resumido no Mapa da Fase conforme Figura 27.

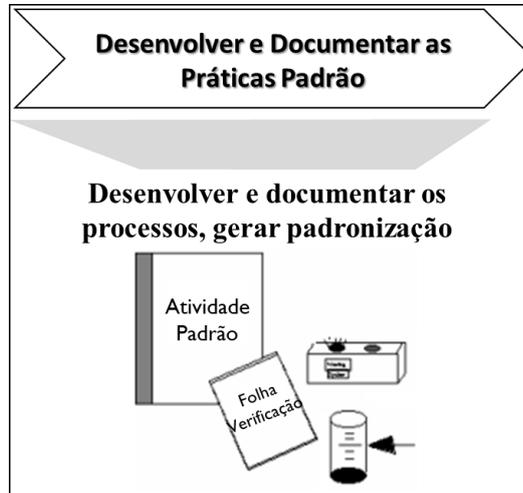
Figura 27: Mapa do DMAIC – 5. Controlar



O desdobramento da primeira atividade dentro da fase controlar pode ser representado pela Figura 28 o qual demonstra a necessidade de desenvolver e documentar os processos

gerando uma padronização, tal atividades promove a empresa maior confiabilidade, custos reduzidos, melhoria no desempenho dos colaboradores, maior segurança ao executar as atividades e processos que se mantenham sob o controle promovendo a melhoria contínua.

Figura 28: Mapa do Controlar – 1ª atividade.



O desdobramento da segunda atividade dentro da fase controlar pode ser representado pela Figura 29 o qual demonstra a necessidade de construir um sistema de controle e gerenciamento do processo melhorado fornecendo o foco para as equipes de trabalho, auxiliando no treinamento e aplicação do que é aprendido em um processo a outros processos semelhantes. Esta etapa busca mantêm os ganhos obtidos por meio dos esforços de melhoria estabelecendo um fundamento para gerenciar processos e focar nas melhorias futuras.

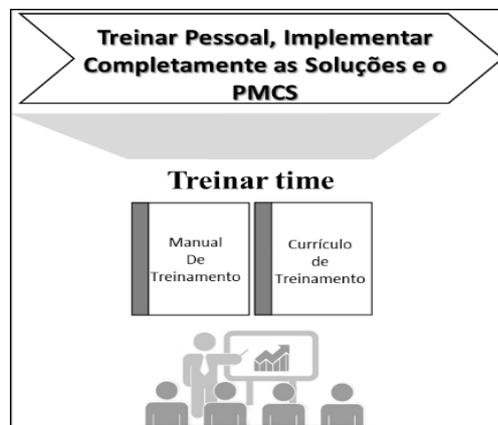
Figura 29: Mapa do Controlar – 2ª atividade.



O desdobramento da terceira atividade dentro da fase controlar pode ser representado pela Figura 30 o qual demonstra a necessidade de implementar completamente as soluções após

o piloto, realizar desdobramento dos planos de ação desenvolvidos na fase Melhorar, implementar o Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo e verificar se o processo é “Estável” e “Capaz”. Faz-se necessário checar se os resultados dos indicadores atingiram ou excederam a meta estabelecida.

Figura 30: Mapa do Controlar – 3ª atividade.



O desdobramento da última atividade dentro da fase controlar pode ser representado pela Figura 31 o qual demonstra a necessidade de reconhecer o tempo e esforço consideráveis gastos no desenvolvimento do projeto, além de retirar os aprendizados obtidos e transferir a responsabilidade da implementação em curso e do gerenciamento do PMCS para pessoas apropriadas, como os Donos do Processo.

Figura 31: Mapa do Controlar – 4ª atividade.



CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a implementação da metodologia Lean Seis Sigma em um projeto de melhoria onde será utilizado o método DMAIC aplicado em um estudo de caso em uma das empresas do Grupo Simões, atuante no ramo de bebida refrigerante.

Com a aplicação da metodologia DMAIC para captura de uma melhor oportunidade de negócio frente a variação no consumo de açúcar existente na empresa em estudo, aplicamos as etapas descritas no capítulo 3, onde foi possível observar por meio de medidores de desempenho internos nos processos de dosagem de xarope e envase de bebida na linha de produção de PET uma perda deste insumo de alta relevância na composição do Custo de Produção.

4.1. Perfil da Organização

A Brasil Norte Bebidas SA fundada no ano de 1943, faz parte de uns dois maiores grupos empresariais da Região Norte do País, o Grupo Simões, atuante em três segmentos de negócio e possui atividades fabris e comerciais nos Estados do Amazonas, Roraima, Rondônia, Acre, Pará e Amapá, cobre uma área que corresponde a mais de 42% de todo território brasileiro.

A Brasil Norte Bebidas SA, tem uma quantidade de 12.681 (doze mil, seiscentos e oitenta e um) clientes ativos na unidade de Manaus. No ano de 2021, a empresa conseguiu atender a mais de 12 mil clientes na cidade de Manaus. Considerando apenas os clientes com visitas programadas a cobertura chega a mais de 95,2% de atendimento.

A história de sucesso do Grupo Simões começa há cerca de 70 anos, com a garra e determinação de seus três sócios: Antônio Simões, Petrônio Pinheiro e Osmar A. Pacífico, os fundadores. Juntos, eles cultivaram o sonho do grande empreendimento amazônico para, em 1970, lançaram a semente do que hoje é o Grupo Simões: a Refrigerantes da Amazônia, primeira franquia da Coca – Cola na região norte do país. A ousadia e a determinação da dupla Antônio Simões e Petrônio Pinheiro logo renderam frutos, em 1973, foi inaugurada a primeira fábrica de gás carbônico de Manaus, Carboman. No mesmo ano, os sócios conheceram Osmar Pacífico, com quem adquiriram a Companhia Paraense de Refrigerantes, em 1976.

Os negócios foram crescendo e se expandindo, contornando os obstáculos diários e operando sempre de forma produtiva e integrada à natureza local. De uma atuação no estado do

Amazonas, a empresa conquistou outros estados da Região Norte nos anos 80. Embora fosse difícil estabelecer e manter novas unidades, eles perseveraram e, no final da mesma década, criaram um holding, em que membros das três famílias tornaram-se acionistas das empresas, sendo a Brasil Norte Bebidas uma das empresas destaques por suas instalações conforme Figura 32.

Figura 32: Instalações da empresa estudada.



Fonte: GRUPO SIMÕES (2022)

Aproximadamente a empresa atende a mais de 60 mil clientes em toda a Região Norte do Brasil, onde a Divisão de Bebidas do Grupo Simões eleva o Grupo à posição de um dos maiores fabricantes da marca no mundo.

Presente desde a década de 70 na Região Norte, a Coca-Cola Brasil ajudou a escrever a história de sucesso deste Grupo empresarial. Em 2022, o portfólio da empresa inclui os sabores Coca-Cola Original, Coca-Cola Sem Açúcar, Coca-cola café, Fanta, Kwat, Tuchaua, Sprite, Guaraná Jesus, Del Valle, Del Valle Kapo, Del Valle Fruit, Del Valle Fresh, Burn, Schweppes, Powerade, Aquarius Fresh, Limão e Nada, Maracujá e Nada, Matte Leão, Leão Ice Tea e I9.

Ainda faz parte do portfólio conforme a figura 33 a água mineral Belágua engarrafada, comercializada, distribuída e produto próprio do Grupo Simões. Representante da Heineken Brasil na região, o Grupo Simões consolida sua posição de destaque em comercialização de cerveja, contando com as consagradas marcas Kaiser Pilsen, Chopp Kaiser, Kaiser Radler, Heineken, Chopp Heineken, Bavaria, Bavaria Premium, Bavaria 0,0%, Sol Premium, Xingu, Dos Equis, Birra Moretti e Edelweiss.

Figura 33: Portifólio de produtos da empresa.



Fonte: GRUPO SIMÕES (2022)

4.2. Levantamento de dados atuais

Para construção deste trabalho, as informações foram obtidas por meio de várias fontes disponibilizadas pela empresa, por meio de estudos desenvolvidos com o uso da Metodologia *Lean Seis Sigma* que já está disseminado na empresa, porém este estudo de caso será limitado em analisar a sua aplicação em apenas na área Industrial, subprocesso Xaroparia e Linhas de Envase PET, com foco na redução da perda de açúcar utilizado no processo de fabricação do xarope simples, dosagem do xarope final e no processo de envase de refrigerante, reduzindo o impacto do consumo em quilos de açúcar e a redução do Custo de Produção, gerando resultado financeiro para a empresa.

Para levantamento dos dados foi desenvolvido um cronograma de atividades para coleta e obtenção de informações, conforme apresenta o Tabela 4.

Tabela 4: Cronograma de atividades.

Atividades	Período	Como
Reunião com Diretoria da empresa para autorização para realização do estudo de caso	Janeiro/2021	Reunião na empresa
Reunião com equipe de Especialistas para definição das etapas do DMAIC	Janeiro/2021	Reunião na empresa
Execução da Fase Definir e Medir	Fevereiro/2021	Atividades presenciais com equipe de processo
Execução da Fase Analisar e Melhorar	Junho/2021	Atividades presenciais com equipe de processo
Execução da Fase Controlar	Outubro/2021	Atividades presenciais com equipe de processo
Validação e consolidação dos dados da Fase Controlar	Outubro/2021	Reuniões semanais presenciais com equipe

4.3. Desenvolvimento e Implementação no processo de fabricação

A empresa em estudo de caso, já vinha a estudar formas de enxugar os processos e reduzir os níveis de perdas em seu processo produtivo. O contato com a ferramenta *Lean Seis Sigma* com uma abordagem DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) iniciou-

se em 2012 e no mesmo ano foi contratada uma empresa terceirizada e experiente no mercado para orientar e monitorar todo processo de implementação.

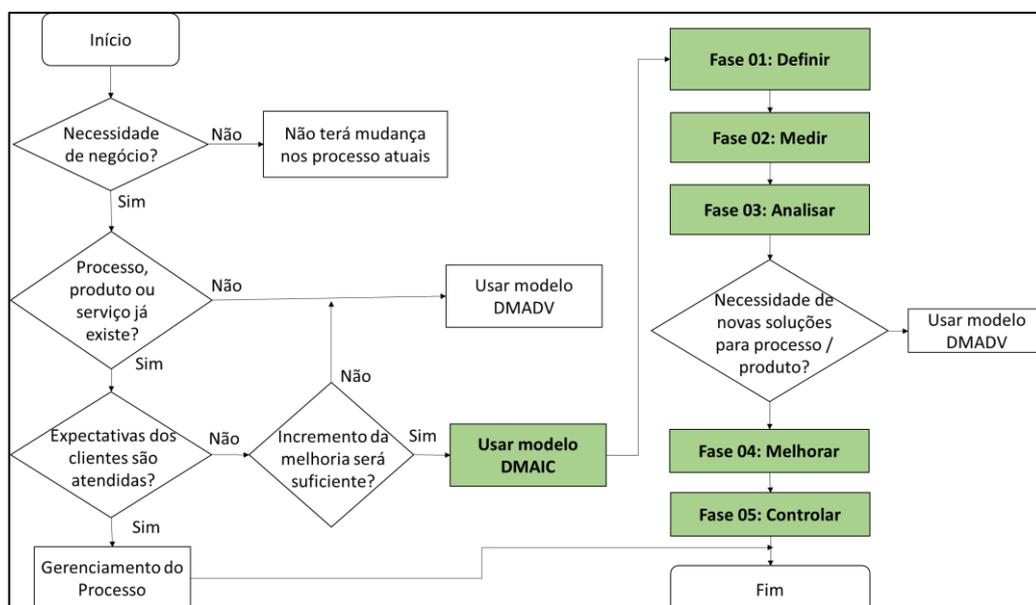
O Grupo Simões possui um vasto processo para garantir o seu produto, que envolve desde níveis complexos de automação e temas legais que abrangem o *Food Fraud* e *Food Defend*, além da dinamicidade do mercado e dos segmentos diferentes de bebidas. A partir desta realidade foi percebida a necessidade de um maior investimento em aplicações de metodologias bem estruturadas para tratar problemas complexos, baseado em estudos rigorosos e análise de dados que pudessem garantir a redução do Custo de Produção e uma maior rentabilidade para a empresa.

4.3.1. Etapa Definir: Escolha do projeto para estudo de caso

Toda iniciativa em implementar a metodologia Lean Seis Sigma e o desdobramento da metodologia DMAIC no processo produtivo deu-se por meio de um diagnóstico para levantamento de oportunidades de melhorias da área de excelência operacional da empresa. É uma estratégia já usada pela empresa para melhorar a qualidade do seu processo fabril, seus serviços e aumentar a satisfação de seus clientes, buscando o atendimento das metas internas, a consolidação e sustentação de resultados.

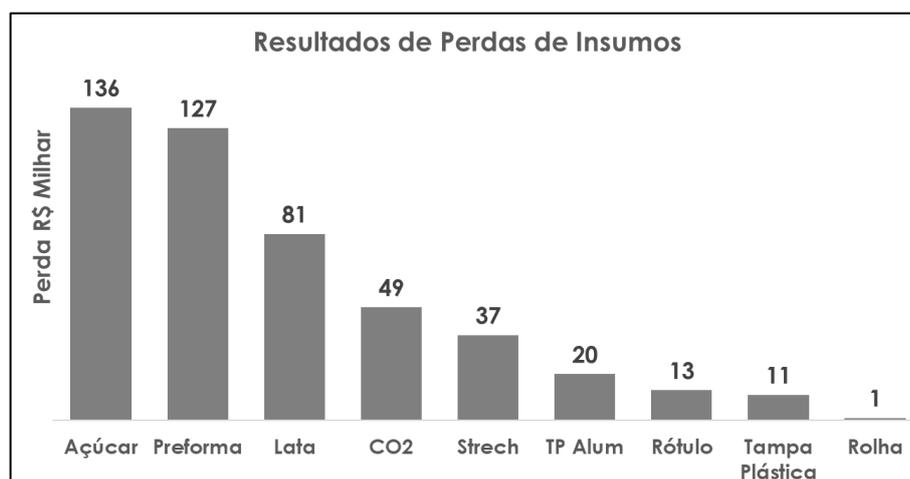
A empresa em estudo utiliza a ferramenta análise de árvore decisória para decidir dar início a um projeto *Lean Seis Sigma* por meio da abordagem DMAIC para melhoria em seus processos, conforme mostra a Figura 34.

Figura 34: Fluxograma da árvore do método DMAIC.



Durante a escolha do projeto foi realizado internamente um diagnóstico de oportunidades de melhoria, onde os indicadores operacionais com maiores impactos no resultado da empresa foram identificados, destacou-se a matéria prima açúcar sendo o maior ofensor para o não atendimento do Custo de Produção. Os referidos dados dos indicadores levantados estão demonstrados na Figura 35, onde a matéria prima açúcar representa 29% da perda financeira, equivalente a R\$136.278,40.

Figura 35: Resultados de perdas de insumos.



Fonte: GRUPO SIMÕES, (2022).

4.3.2. Etapa Definir: Formação da equipe do projeto

Para o início da implementação do estudo de caso, uma equipe multidisciplinar foi formada, onde a Diretoria de *Supply Chain* e a Gerência de Operações Industriais selecionaram um *Black Belts* (do inglês faixa preta) para liderança do projeto dentro da metodologia Seis Sigma, com base na liderança e suas habilidades em resolução de problemas e gerenciamento de projeto para obtenção de bons resultados. Os demais membros da equipe foram selecionados para *Green Belt* e *Yellow Belt*, (do inglês faixas verdes e amarelas) conforme graduação em Seis Sigma.

Para capacitação da equipe do projeto em estudo o Grupo Simões contratou a empresa *Setec Consulting Group* o qual aplica os treinamentos necessários e realiza os acompanhamentos dos projetos de *Lean Seis Sigma*, sendo ela uma empresa que possui sólidos conhecimentos na metodologia Seis Sigma.

Todos os membros envolvidos neste estudo foram escolhidos pelas suas experiências no desenvolvimento do processo, bem como suas atuações nas áreas de interface com o tema em estudo, conforme apresenta o Quadro 5.

Quadro 5: Formação da equipe do projeto DMAIC.

MEMBRO	CARGO	SETOR
Membro A	Assistente de Qualidade	Laboratório de Sopros PET
Membro B	Técnico de Processo	Produção de Sopros PET
Membro C	Mecânico Industrial	Manutenção Mecânica
Membro D	Coordenador de AQ/MA/AS	Asseguração da Qualidade
Membro E	Especialista de Logística	Logística
Membro F	Coordenador de Produção	Produção
Membro G	Analista de Meio Ambiente	Meio Ambiente
Membro H	Analista de Produção	Planejamento e Controle da Produção
Membro I	Especialista de Processo	Industrial Departamento
Membro J	Operador de Processo I	Xaroparia

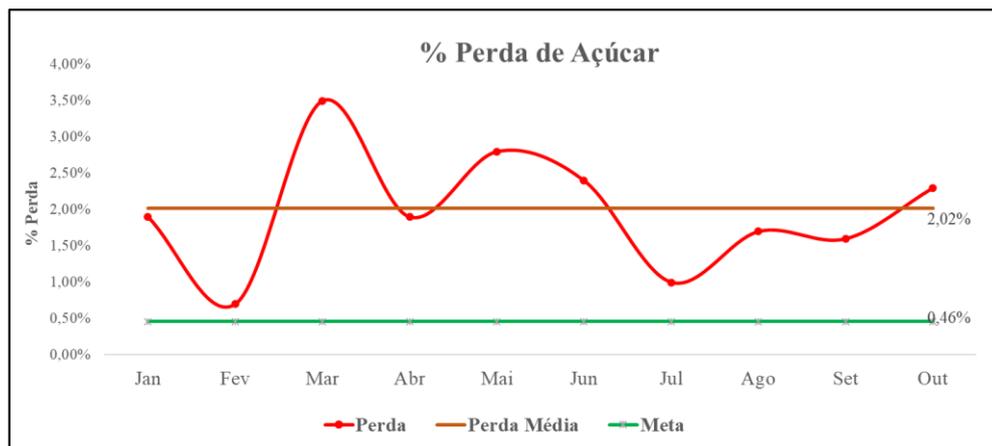
4.4. ANÁLISE DESTA APLICAÇÃO

4.4.1. Etapa Definir: Identificação da oportunidade do negócio

Com a aplicação da metodologia DMAIC para captura de uma melhor oportunidade de negócio frente a variação no consumo de açúcar existente na empresa em estudo, aplicamos a etapa definir o qual foi possível observar por meio de medidores de desempenho interno nos processos de dosagem de xarope e envase de bebida na linha de produção de PET uma perda deste insumo de alta relevância na composição do Custo de Produção.

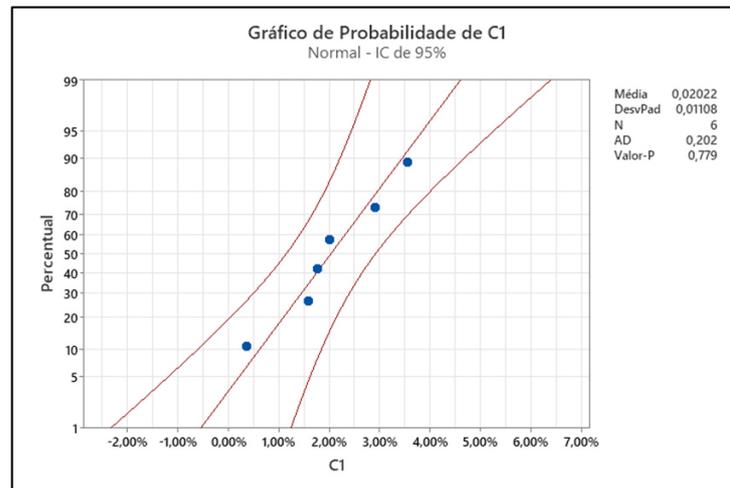
No gráfico da Figura 36 é possível demonstrar o comportamento do indicador de perda de açúcar ao longo do período analisado, conforme demonstrado observa-se uma elevada variabilidade no processo e o não atendimento as metas internas estabelecidas para o indicador de açúcar, com uma média de perda do KPI em 2,02%, sendo a meta estabelecida de 0,46%.

Figura 36: Média da perda de açúcar



Um teste de normalidade de dados foi aplicado, esse teste é utilizado para determinar se o conjunto de dados de uma dada variável aleatória, é bem modelada por uma distribuição normal ou não, ou para calcular a probabilidade de a variável aleatória subjacente estar normalmente distribuída com um índice de 95% de confiabilidade, o resultado do teste aplicado comprovou esta normalidade para a perda de açúcar conforme demonstrado na Figura 37.

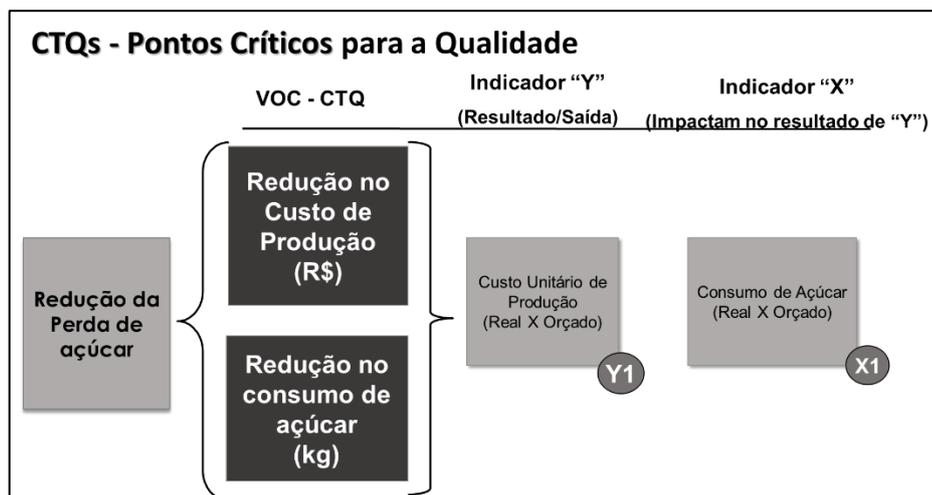
Figura 37: Teste de normalidade dos dados de açúcar



4.4.2. Etapa Definir: Identificação dos CTQs do Cliente

Em andamento ao desenvolvimento deste estudo, foi aplicado o método de identificar os indicadores financeiros e indicadores dos clientes relacionados aos atributos CTQs (Críticos para a Qualidade) para focar na melhoria do projeto de maneira apropriada e para desenvolver os indicadores corretos. Foram identificados como críticos as necessidades de redução do custo de produção e a redução do consumo de açúcar conforme demonstra a Figura 38.

Figura 38: CTQs – Crítico para Qualidade.

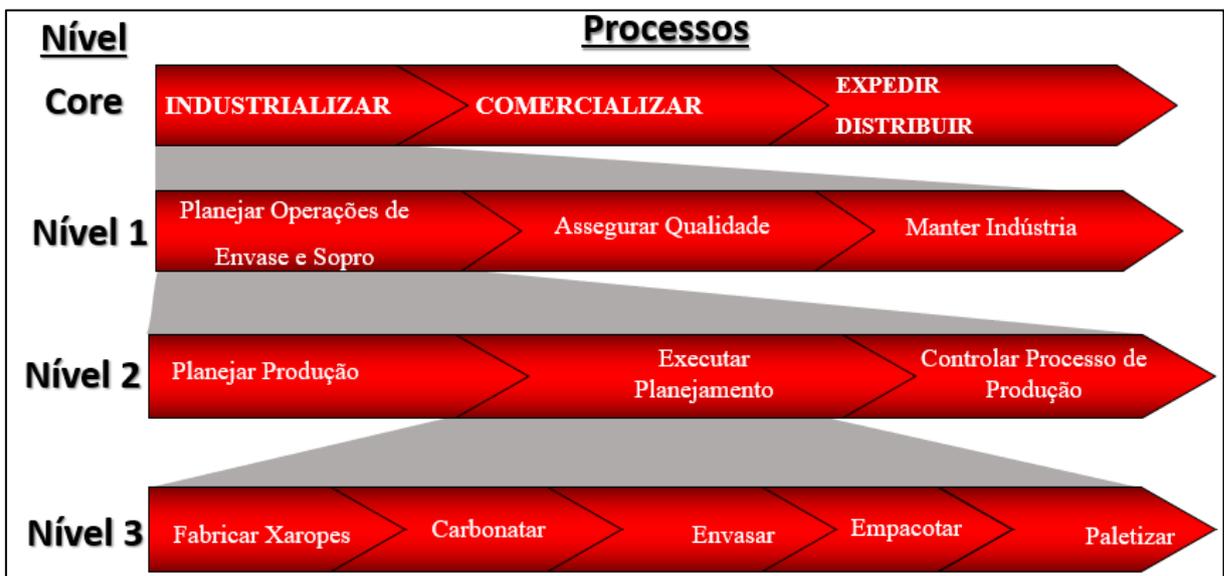


4.4.3. Etapa Definir: Definir o processo Core do projeto

Após a análise dos impactos nos indicadores, a equipe buscou demonstrar por meio do processo core do projeto o desdobramento dos principais processos da empresa até os subprocessos a serem analisados. Um processo core é um foco estratégico do negócio que especificamente visa ao cumprimento da missão da companhia. Os processos Core servem ao cliente externo e incluem os processos de negócios exigidos para definir, desenvolver, construir e servir às necessidades do cliente, conforme o percebido por este.

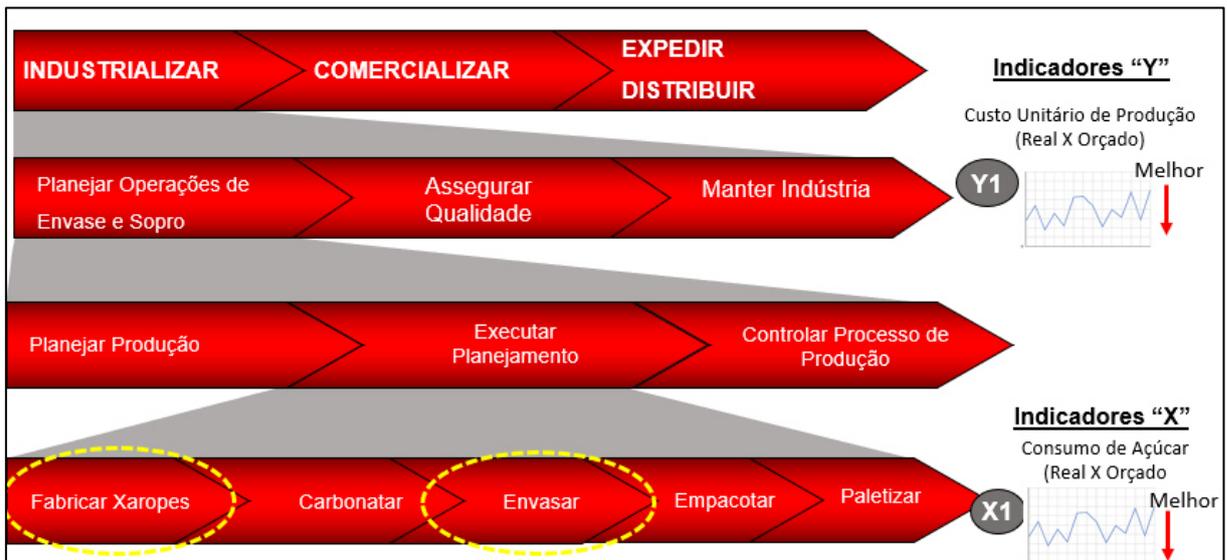
Processos core são ilustrados em diagramas de serpente, com isso a equipe do projeto, realizou a delimitação de atuação do projeto, isto os ajudou a ganhar perspectiva do negócio e focar o escopo do projeto por meio de uma série de níveis de processo conforme demonstrado na Figura 39.

Figura 39: Processo Core do projeto.



Conforme demonstrado na Figura 40, foi a partir do Diagrama de Serpente a definição em que Mega Processo da empresa o projeto iria atuar, com foco nos principais processos e subprocessos. Desta forma pode-se observar que a partir do Mega Processo Industrializar chega-se ao processo Planejar Operações de Envase e Sopro, posteriormente chega-se ao subprocesso Executar Planejamento e subsequentemente aos subprocessos detalhados no diagrama como críticos, Fabricar Xaropes e Envasar. Tais subprocessos serão analisados com o desdobramento da metodologia DMAIC.

Figura 40: Indicadores Core do projeto.



4.4.4. Etapa Definir: SIPOC do Processo de fabricação

Dando continuidade ao uso das ferramentas DMAIC, foi realizado um mapeamento do processo de fabricação de refrigerante iniciando com o fornecimento de açúcar cristal pelo fornecedor Sonora, passando pelo processo de fabricação de xarope simples que é o composto de água e açúcar, até o processo de envase de bebida pronta da empresa em estudo, ele está representado por meio da utilização da ferramenta SIPOC para detalhamento dos processos por meio dos quais o material enviado por um fornecedor (input/entrada) é transformado para que se entregue um resultado ou output/saída ao cliente.

Esse desdobramento é visualmente descrito no modelo SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers* – fornecedores, entradas, processo, saídas, clientes) conforme demonstrado na Figura 41.

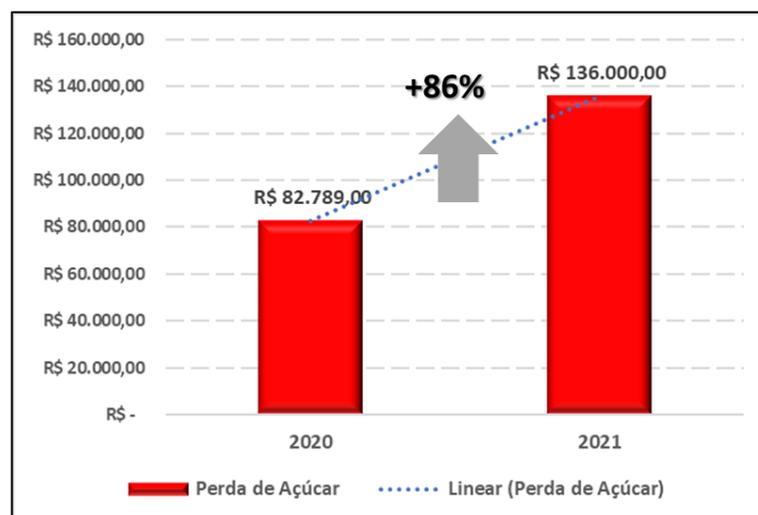
Figura 41: SIPOC do processo de fabricação.

S (Fornecedor)	I (Entrada)	P (Process)	O (Saída)	C (Cliente)
Sonora	Açúcar Cristal	Recebimento de açúcar	Estocagem Bags de açúcar	Dissolvedor
ETA	Água	Dissolução, clarificação e filtração do açúcar	Xarope Simples	Xaroparia Final
Eletróbrás (20%) Mercado livre (80%)	Energia elétrica			
Cigás	Vapor			
RH	Mão de obra			
Liess	Equipamentos			
Química Credi	Soda cáustica			
3M	Filtro Bags			
Carbomam	CO2			
Tanques de Xarope Simples	Xarope Simples	Estocagem de Xarope Simples	Produção via Blender ou batelada	Linhas de produção
PCP	Programação de produção	Envase de bebida	Produção da bebida com informações sobre o consumo dos insumos e volume produzido	Área Administrativo (NAA) Acionistas/ Diretoria/ Presidência

4.4.5. Etapa Definir: Definição Preliminar do Problema

Foi definido nesta etapa de forma preliminar o problema que será trabalhado com base nas informações apresentadas nos passos anteriores. Foram identificados os indicadores afetados pelo problema e buscou-se estimar o possível benefício financeiro do projeto. Foram analisados alguns dados antes da criação da definição preliminar do problema, tais como a perda financeira de açúcar nos anos de 2020 e 2021. Na Figura 42 demonstra graficamente o valor da perda do açúcar nos processos de xaroparia e envase analisados no período entre 2020 e 2021. Em 2020 foram perdidos R\$ 82.789,00 e em 2021 a perda foi de R\$136.000,00, essa variação representou, no período analisado, um acréscimo na ordem de 86%.

Figura 42: Despesas com perdas de açúcar entre 2020 e 2011.



4.4.6. Etapa Definir: Elaborar o Planejamento do Projeto

Nesta etapa fez-se uma elaboração do planejamento do procedimento DMAIC, que consiste em um Formulário de Planejamento do Projeto que pode ser demonstrado pela Figura 43. Este planejamento trata-se de uma comunicação com as partes interessadas onde define-se o que comunicar, quando se comunicar e como se comunicar.

Figura 43: Formulário de planejamento de projeto.

Planejamento do Projeto DMAIC												
Projeto	Reduzir perda de açúcar na Brasil Norte Bebidas SA											
Área	Indústria											
Equipe / Área / % Dedicção	<p>Equipe GB:</p> <p>Membro 01 – Laboratório de Sopros PET - 25%; Membro 02 – Produção de Sopros PET - 25%; Membro 03 – Manutenção Mecânica - 25%; Membro 04 – Asseguração da Qualidade - 25%;</p> <p>Black Belt: Membro 06 - Produção - 40% Master Black Belt: F. Mascari</p> <p>Membro 05 – Logística - 25%; Membro 07 – Meio Ambiente - 25%; Membro 08 – PCP - 25%; Membro 09 – Meio Ambiente - 25%; Membro 10 – Xaroparia - 25%</p>											
Gap de Negócio	BP 2022. No período de Jan a Out 2021 as despesas com perda de açúcar foram R\$ 136.000,00. Controle de processo e padronizações devem ser melhorados.											
Tempo do Projeto	Fase	Planejo	Realizado	Ferramentas utilizadas								
		Janeiro	fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	
		1 2 3 4 5	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4 5	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4 5	1 2 3 4	1 2 3 4 5	
	Definir		P	P								
	Definir		R	R								
	Medir			P	P	P	P					
	Medir			R	R	R	R					
	Analisar						P	P	P			
	Analisar						R	R	R			
	Melhorar								P	P		
	Melhorar								R	R		
	Controlar										P	P
	Controlar										R	R

4.5. RESULTADOS OBTIDOS

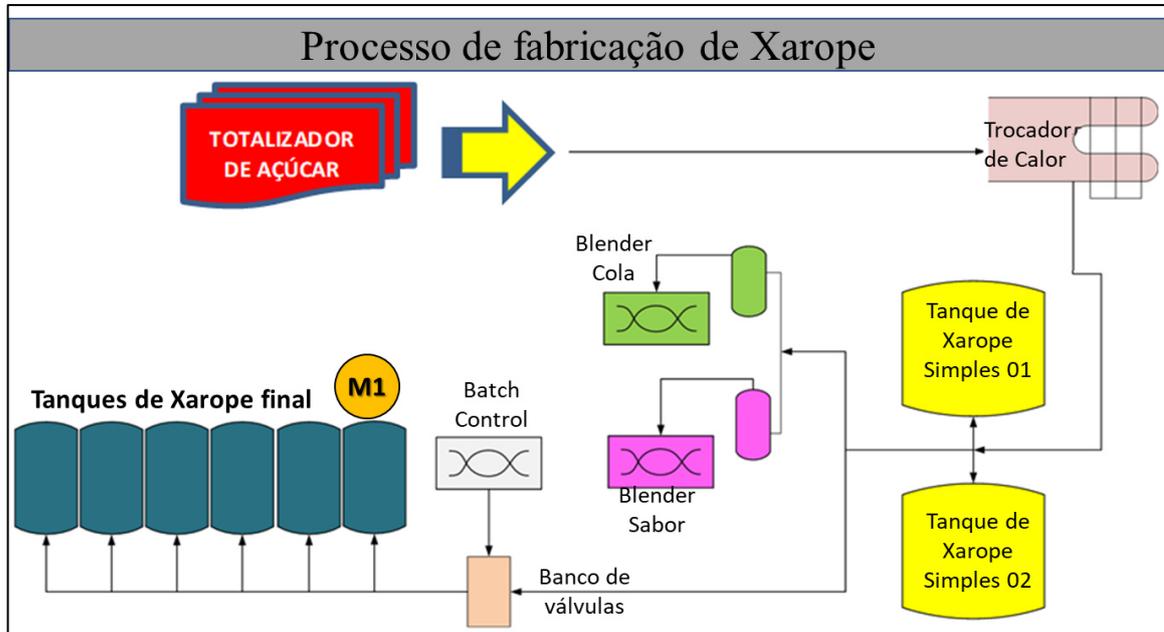
A partir de agora detalharemos as demais etapas do método DMAIC, iniciaremos com a fase medir cuja meta principal é medir o desempenho atual do processo e reduzir a área do problema estudado. Esta fase medir se inicia com a criação de um mapa detalhado do processo. Os membros da equipe de projeto realizam coletas dos dados referentes aos defeitos, analisam e então delimita-se a área do problema. Esta fase é finalizada com o desenvolvimento da Definição Final do Problema, que demonstrará a meta do projeto e os impactos financeiros.

4.5.1. Etapa Medir: Criar mapa detalhado do processo

Os dados dos defeitos e do processo foram analisados por meio das seguintes ferramentas: gráficos de controle, gráfico de Pareto e gráfico de tendência, para apoiar as ferramentas da metodologia Lean Seis Sigma. Para medições dos dados de defeitos e processos foram analisados por meio das seguintes ferramentas: Gráficos de Controle, Gráfico de Pareto e Gráfico de Tendência, como apoio as ferramentas da metodologia DMAIC, além da utilização

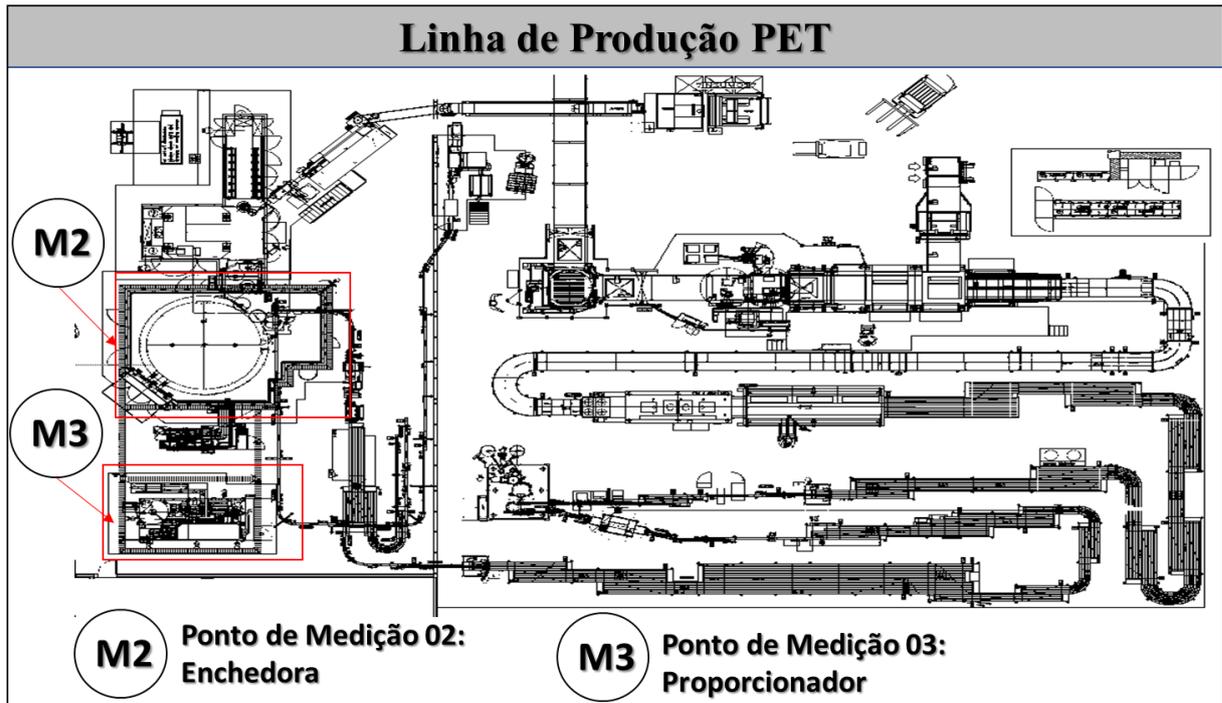
do mapeamento do processo de xaroparia para identificação do primeiro ponto a ser medido e incluído no plano de coleta de dados, identificado como M1 que terá seus dados coletados nos Tanques de xarope final, conforme Figura 44.

Figura 44: Mapeamento do processo de xaroparia.



Para medições dos dados do segundo processo estudado, Envase da Linha de PET, foi igualmente utilizado a ferramenta de mapeamento do processo para identificação dos pontos a serem medidos e incluídos no plano de coleta de dados, foram identificados dois pontos, M2 que terá seus dados coletados no equipamento enchedora e o M3 que terá seus dados coletados no equipamento proporcionador de bebida, conforme Figura 45.

Figura 45: Mapeamento do processo da Linha de PET.



4.5.2. Etapa Medir: Coletar dados de defeitos e do processo

De acordo com a Quadro 6 temos um detalhamento da coleta de dados que é definida de acordo com indicadores de alto nível e pontos de medições definidos nos mapeamentos dos processos.

O indicador M1 será representado pela perda de açúcar no tanque xarope final, que se refere à quantidade de xarope simples na produção de xarope final, o indicador M2 indicará a perda de açúcar na enchedora Linha de PET 06 que se refere à quantidade de bebida descartada por rejeitos devido nível irregular, ou seja, conteúdo líquido abaixo da especificação. Quanto ao indicador M3 será representado pela perda de açúcar no proporcionador de PET referente à quantidade de bebida proporcionada no equipamento.

Quadro 6: Plano de Coleta de Dados.

Indicador	Descrição do Indicador	Forma de Medição	Frequência de Medição
M1 - Perda de açúcar no tanque xarope final	Quantidade de xarope simples na produção de xarope final	Registro do supervisório da xaroparia final	Uma vez por turno
M2 - Perda de açúcar na enchedora de PET	Quantidade de bebida descartada por rejeitos	Registro no IHM do equipamento	Hora a hora
M3 - Perda de açúcar no proporcionador de PET	Quantidade de bebida proporcionada no equipamento	Registro do volume do tanque proporcionador	Hora a hora

4.5.3. Etapa Medir: Analisar os Dados com ferramentas do DMAIC

Estas coletas foram realizadas pela equipe do projeto em um período pré-estabelecido utilizando os relatórios gerados dentro da própria empresa. Na coleta de dados para o indicador M1 - Perda de açúcar no tanque xarope final, analisou-se os dados desde o recebimento da matéria prima açúcar cristal em sacos bags de um mil kg, a movimentação dos bags no salão de armazenagem de açúcar e na coleta de amostragem do açúcar cristal para análises de qualidade no Laboratório de recebimento de insumos conforme demonstração na Figura 46.

Figura 46: Coleta dos dados de defeitos e processo de xaroparia.



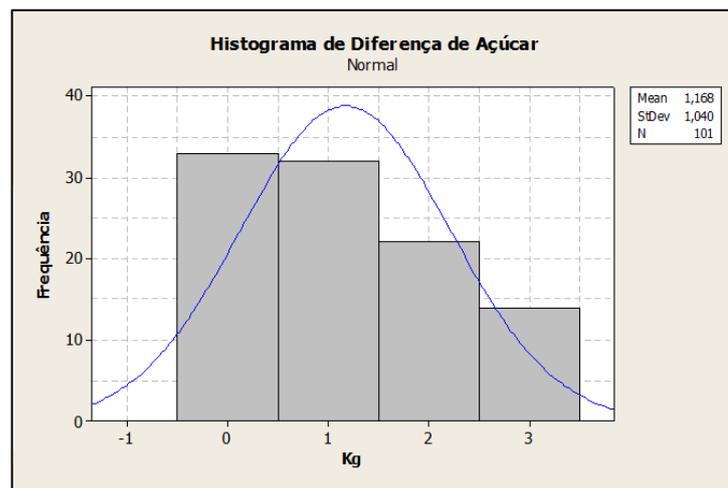
Para a coleta de dados para o indicador M1 - Perda de açúcar no tanque xarope final foi utilizado o plano de coleta de dados de perda de açúcar – xaroparia, com estes dados foi possível criar um banco de dados que contribuiu para diversas análises com as variáveis: tanque utilizado, sabor dosado, comparação do volume final padrão versus volume final entregue pelo operador da xaroparia e comparação do consumo de açúcar utilizado na dosagem, conforme receita pré-estabelecida pela empresa conforme Quadro 7.

Quadro 7: Coleta dos dados de perda de açúcar - xaroparia.

Coleta de dados de perda de açúcar – Xaroparia								
			Volume do Tanque (Litros)			Perda de açúcar (kg)		
Data	Nº Tanque	Sabor	Padrão	Real	Dif. Volume	Padrão	Real	Dif. Açúcar

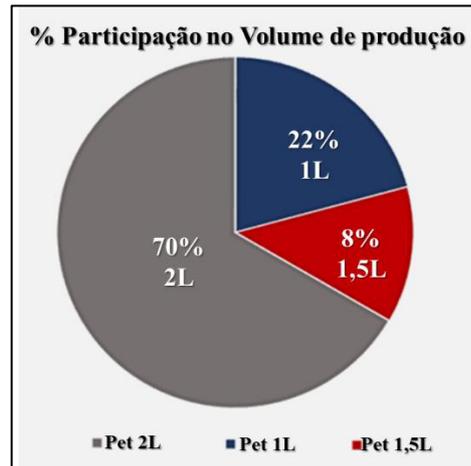
Após a coleta de dados das dosagens de xarope final para medição do Indicador M1, é possível examinar a dispersão do consumo de açúcar gerado no histograma, onde observa-se dois picos e um agrupamento das perdas entre 0 e 1 kg, com uma distribuição dos dados variando entre 0 a 3 kg de perda de açúcar por dosagem de xarope final. Como a empresa executa mais de dez dosagens por dia, essa dispersão de consumo de açúcar por gerar uma perda significativa no resultado financeiro da empresa conforme ilustração da Figura 47.

Figura 47: Histograma de diferença de açúcar na xaroparia.



Nas coletas de dados para os indicadores M2 - Perda de açúcar na enchedora e M3 - Perda de açúcar no proporcionador de PET, analisou-se os dados referentes às quantidades de bebidas descartadas por rejeitos devido nível irregular, ou seja, conteúdo líquido abaixo da especificação e avaliando o percentual de volume de produção desta Linha de PET, destaca-se o tamanho do PET 2L para ser referência nesta coleta de dados por representar 70% das embalagens produzidas nesta linha conforme demonstrado na Figura 48.

Figura 48: Participação do volume de produção.



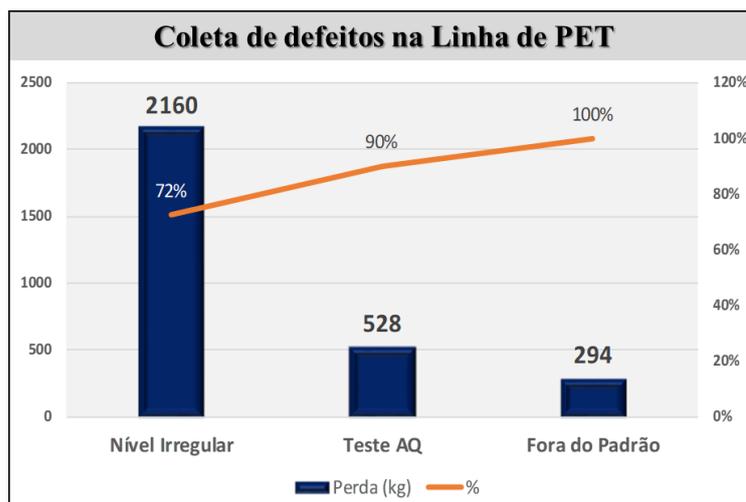
Durante as coletas realizadas pela equipe do projeto, foram levantados dados de rejeições de garrafas na esteira de rejeito da Linha de PET oriunda da variação de enchimento das garrafas, variação da temperatura da bebida no processo de carbonatação feita no equipamento proporcionador conforme demonstração na Figura 49.

Figura 49: Coleta dos dados de defeitos e processo da Linha de PET.



Após as coletas de dados nos defeitos para medições dos Indicadores M2 e M3, é possível examinar no Gráfico de Pareto um alto índice de defeitos devido nível irregular representando 72% das amostras dos defeitos coletados, equivalente a 2.160 amostras, que geram uma perda significativa no resultado financeiro da empresa conforme ilustração da Figura 50.

Figura 50: Coleta de defeitos na Linha de PET.



4.5.4. Etapa Medir: Definição Final do Problema

Nesta última parte desta fase de medição o objetivo é apresentar uma definição final do problema a ser trabalhado nas demais fases do projeto, e por decisão da equipe de liderança da empresa estudada, a definição final do problema foi focado no percentual da perda de açúcar o qual tem forte influência no custo de produção baseada em todos os dados levantados. Portanto, a definição final do problema ficou de acordo com os tópicos:

- Despesa com perda de açúcar em 2021 foi de R\$ 136,000, representando 28% das perdas de insumo no período analisado;
- A distribuição do consumo a maior de açúcar nas dosagens de xarope está entre 0 a 3 kg, uma variação significativa uma vez que a média de dosagens diárias ultrapassam 10 vezes ao dia.
- 72% dos defeitos na Linha de PET são por Nível irregular, onde constatou um volume de bebida a menor envasada, gerando um alto índice de descarte de bebida e conseqüentemente, perda de açúcar.

4.5.5. Etapa Analisar: Identificar causas raízes potenciais

Nesta etapa, as causas raízes são identificadas e confirmadas com os dados. Entre as ferramentas relevantes estão: *brainstorming*, ferramentas de coleta de dados, diagrama de causa e efeito, teste de hipóteses, diagramas de dispersão, análise de regressão e delineamento de experimentos.

A ferramenta utilizada neste momento pela equipe do projeto para as análises dos problemas nos dois processos estudados foi o *brainstorming*, ou chuvas de ideias. Foi utilizada como um método de geração de diversas causas-raiz potenciais, onde procurou identificar por meio de questionamentos, quais seriam os porquês das perdas de açúcar ao longo do processo conforme Figura 51.

Figura 51: *Brainstorming* para levantamento de possíveis causas.



O método do *brainstorming* utilizado foi de rodadas, na qual todos os participantes foram estimulados a participar sugerindo pelo menos uma ideia, onde nenhuma ideia poderia ser censurada ou desprezada buscando o maior número de ideias sugeridas. Este método se repetiu até o grupo convidado estabelecer que todos os porquês foram respondidos, utilizando mais uma ferramenta de análise de causas raízes conforme Quadro 8.

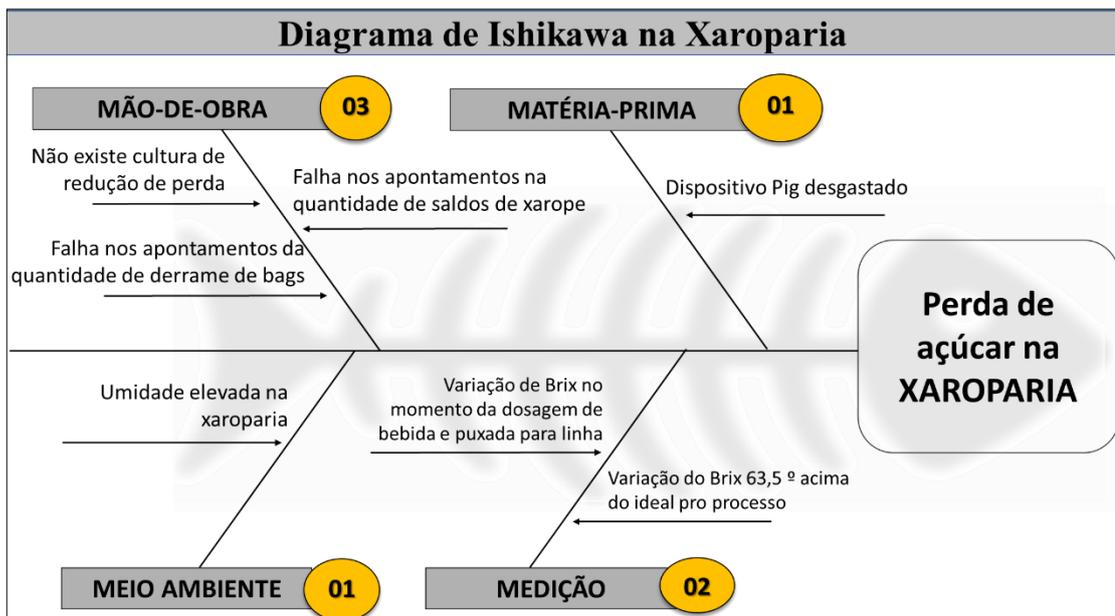
Quadro 8: 5 Por quês das causas levantadas.

5 Por quês					
Causa Potencial	1º Por quê	2º Por quê	3º Por quê	4º Por quê	5º Por quê
Falta de reparo de válvula de dosagem de xarope	Roteiro de manutenção preventiva é apenas de inspeção da área externa	Falta de acompanhamento da execução das manutenções preventivas	Plano de manutenção ineficaz	Falta de análise de eficácia do plano de manutenção dos reparos das válvulas de dosagem de xarope	
Variação nas informações de níveis de tanques	Arqueação do projeto diverge da calibração da régua de medição	Calibração do tanque não levou em consideração a tabela volumétrica do tanque	Não foi identificado a necessidade de procedimento para realização da calibração	Falta de procedimento para calibração dos tanques de xarope	
Separador e Dissolvedor não entram no cálculo de perda	Tabela oficial de controle de perda não foi atualizado após start up do projeto	Revisão da planilha de controle de perda não foi mapeado como item crítico	Não há atividade no check lits do Analista de Produção a revisão das planilhas de perda	Falha na revisão semestral das atividades dos Analistas e Especialistas	
Não existe cultura de redução de perda	Colaboradores desconhecem a cultura dos 8 Desperdícios	Falta de Treinamento e divulgação da redução dos 8 Desperdícios	Não existe um Treinamento Operacional específico para as perdas da xaroparia	Plant de Treinamento não contempla tema específico de perda de xarope	
Variação de Brix no momento da dosagem de bebidas e puxada para a linha de envase	Falha no equipamento de correção de Brix na Linha de envase	Estrutura das tubulações de envio de xarope e bebida se cruzam havendo interferência no Brix da bebida	Falha no projeto da tubulação de envio de xarope para linha de envase	Falta de reunião específica de Gestão de Mudanças o qual contemplaria tópicos relevantes de processo	

4.5.6. Etapa Analisar: Organizar causas raízes potenciais

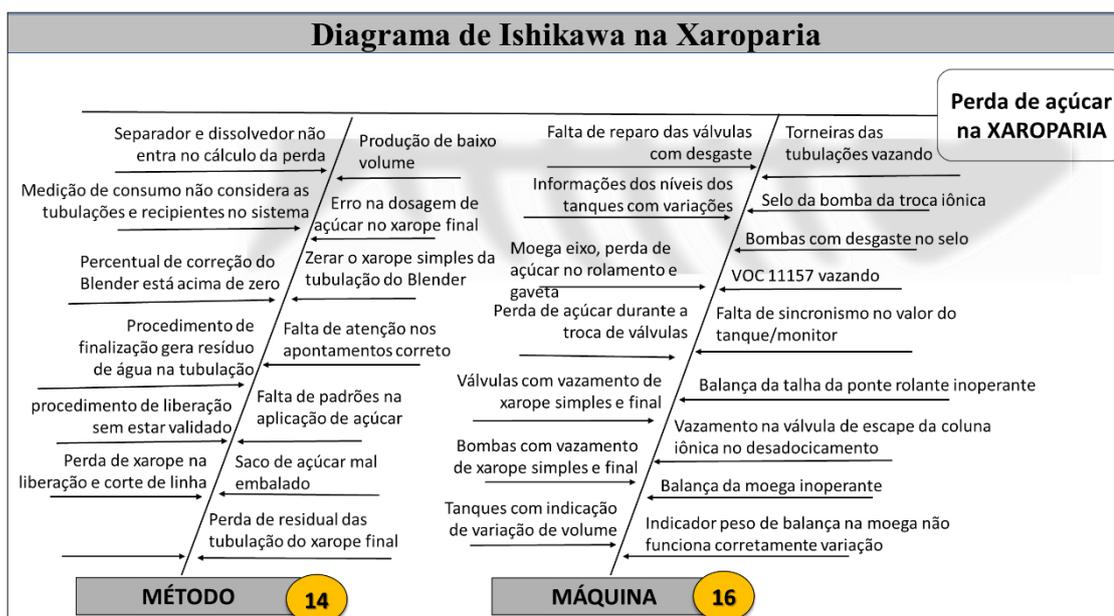
Nesta etapa do método DMAIC foi utilizado a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito, ou também conhecido como Diagrama Espinha de Peixe, isso com o objetivo em organizar as causas raízes potenciais identificadas no passo anterior. Neste diagrama utilizado para uma distribuição gráfica de linhas e palavras que demonstrem uma significativa relação entre um efeito e suas causas no processo de xaroparia conforme Figura 52.

Figura 52: Diagrama de Ishikawa do processo xaroparia parte 1.



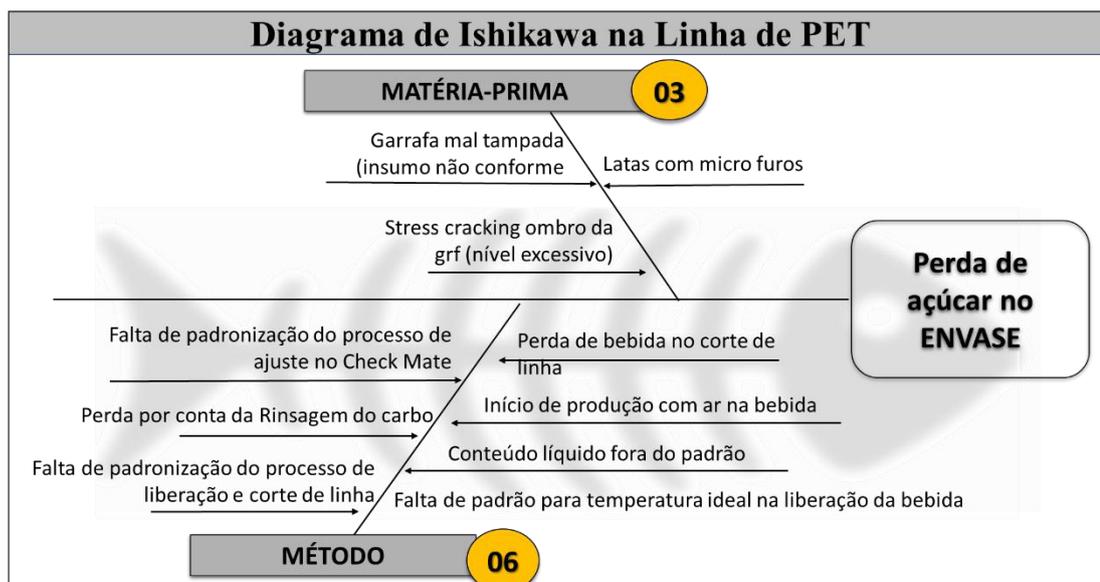
Dando continuidade na distribuição das causas levantadas para o processo de xaroparia, 14 causas foram levantadas para o critério Método e 16 causas para o critério Máquina conforme Figura 53.

Figura 53: Diagrama de Ishikawa do processo xaroparia parte 2.



Ainda nesta etapa o Diagrama de Ishikawa foi utilizado para distribuir graficamente as causas levantadas na etapa anterior focadas no processo da Linha de PET, durante esta atividade foram identificadas 3 possíveis causas em Matéria-prima, foram levantadas 06 causas possíveis em Métodos, e 23 possíveis causas em Máquina conforme Figura 54.

Figura 54: Diagrama de Ishikawa do processo da Linha de PET.



4.5.7. Etapa Analisar: Quantificar as relações de causa e efeito

Após as distribuições das causas levantadas pelo time, foram analisados os diagramas de causa-efeito relativos ao problema de perda de açúcar onde foram consideradas cinco

possíveis causas-raiz para o problema estudado, estas possíveis causas serão analisadas e testadas. Para o processo de xaroparia as causas levantadas chegaram a 63, dessas somente 37 foram consideradas como causas potenciais e dessas somente 5 delas foram priorizadas. Para o processo de envase na Linha de PET, 55 causas foram levantadas, 32 delas foram consideradas como causas potenciais e somente 06 causas foram priorizadas.

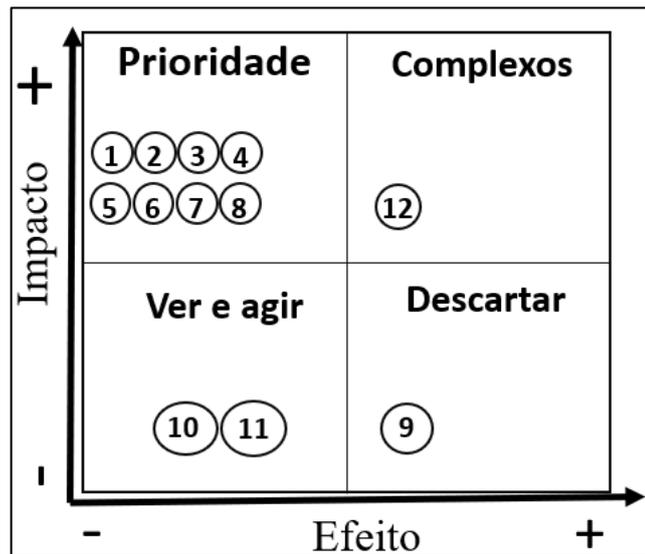
Ao analisar os Diagramas de Ishikawa aplicado às duas áreas de estudo, xaroparia e envase, é possível observar que as causas se concentram na categoria de máquina, onde problemas como bombas de xarope simples e final com vazamento, tanques apresentando variação na leitura de níveis de xarope, equipamento Antopaar gerando falhas nas leituras quanto à taxa de açúcar da bebida envasada, aparecem na análise como apresenta a Tabela 5.

Tabela 5: Lista das causas priorizadas.

nº	Lista de causas para perda de açúcar
1	Bombas de vazamento de xarope único e final
2	Tanques com indicação de mudança de volume
3	Falta de reparo de válvulas desgastadas
4	Informações sobre os níveis dos tanques com variações
5	Falta de sincronismo no valor do tanque
6	Reparo de drenos danificados
7	Dificuldade no ajuste do equipamento
8	Válvula Q121 - vazamento na boca da válvula
9	Falha na medição antopaar
10	Nível desigual gerando perda de bebidas
11	Reparo de correia desgastada
12	Baixa temperatura do glicol
13	Tubo de ar inadequado

Como critério de priorização das causas validação das causas a equipe de trabalho utilizou o método da Matriz de Priorização, ou Matriz 2x2 que auxilia na priorização das ações para tratativa das causas identificadas. Com esta ferramenta foi possível dividir as causas levantadas em 4 grupos, de acordo com a classificação do impacto gerado e o esforço despendido de acordo com a Figura 55.

Figura 55: Matriz de Esforço e Impacto.



A equipe de trabalho aplicou pontuações para as causas levantadas levando em consideração notas para o baixo e alto nível de esforço para aplicação das ações de correção, assim também foi pontuado o baixo e alto nível de impacto para o resultado da empresa.

Foi possível observar que oito causas possuem um nível de esforço baixo e alto impacto (-Esforço, +Impacto), duas das causas possuem um nível de baixo esforço e um baixo impacto (-Esforço, -Impacto), para esta classificação podem ser realizados ações imediatas para reversão da perda de açúcar. Uma das causas ficaram com alto nível de esforço e alto nível de impacto (+Esforço, +Impacto), essa causa foi levada a uma investigação mais aprofundada para tomada de decisão se vale a pena o investimento na ação de melhoria. Uma das causas ficou com alto esforço e baixo impacto (+Esforço, -Impacto) sendo esta causa descartada e não contemplada no plano de ação.

4.5.8. Etapa Melhorar: Identificar e selecionar soluções

Nesta etapa buscou-se identificar e selecionar soluções, analisar o custo/benefício, observando seus riscos, desenvolver os planos de ação para a total implementação das ações, atualizar indicadores de saída de formas a atender todas as necessidades dos clientes, com o intuito de melhorar a eficiência operacional.

A matriz de seleção de soluções foi a ferramenta utilizada para escolha das ações mais propícias e viáveis que seriam implementadas para eliminar as causas-raiz identificadas na etapa analisar do projeto conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Matriz de Seleção de Soluções.

	Causa-raiz	Solução	Tarefas Específicas	Eficiência	Facilidade de Execução	Custo	Total
Perda de Açúcar no processo da Xaroparia	Falta de análise de eficácia do plano de manutenção de reparo das válvulas	Criar roteiros de Limpeza e Lubrificação interna e externa das válvulas semanalmente e roteiro de inspeção dos	Desenvolver roteiros de manutenção preventivas para válvulas e atuadores da moega	5	5	5	125
		Alteração do sistema de acionamento das válvulas para outro modelo semelhante	Comprar sistema semelhante para sistema de funcionamento das válvulas	5	1	1	5
	Não foi identificada a necessidade de procedimento para realizar de forma correta a calibração	Realizar troca de posição dos tanques da xaroparia	Acionar empresa para locomoção dos tanques de posição	5	1	2	10
		Programar a calibração de todos os tanques com fornecedor externo	Cotar serviço de calibração e executar serviço	5	5	4	100
	Não há atividade no checklist do Analista de produção a revisão das planilhas de cálculo da perda	Abrir OS para inclusão de atividade do Analista de Produção	Emitir OS no sistema SIGS para criação de nova atividade no check list	5	5	5	125
		Redesenhar fluxo de rotina do Analista de Produção para cálculo de tempo das atividades	Redesenhar o fluxo de rotina da vaga de Analista de Produção	4	3	5	60

4.5.9. Etapa Melhorar: Desenvolver um planejamento das ações

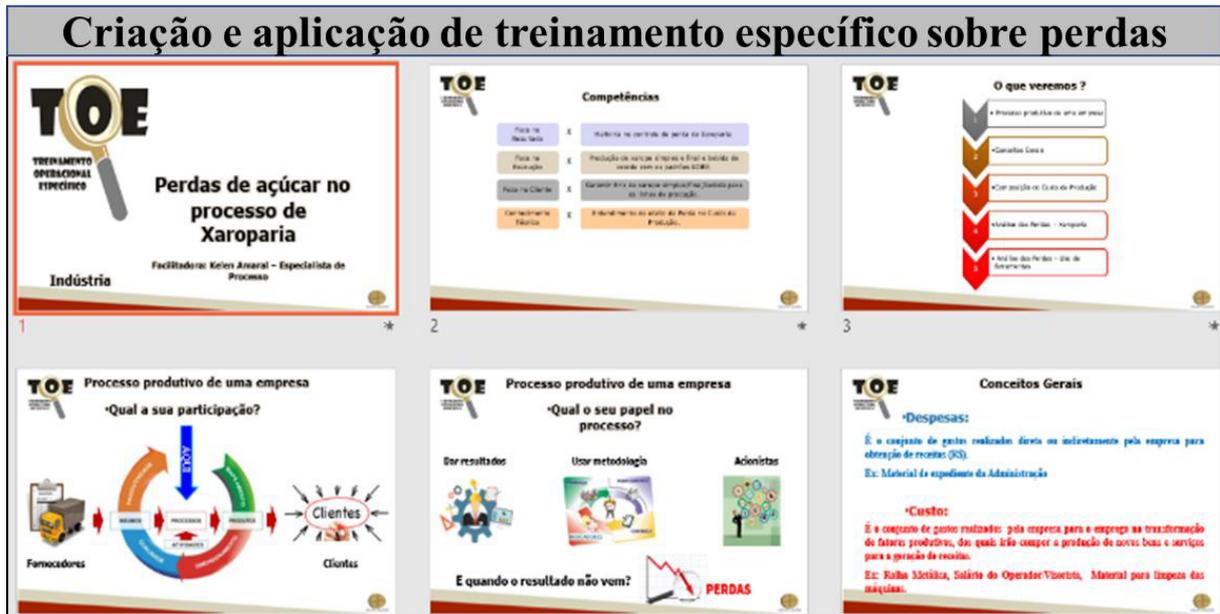
Após a seleção das soluções buscou-se desenvolver os planos de ações utilizando a ferramenta 5W2H desenvolvida pela equipe com o foco na redução da perda de açúcar dos processos cujas causas raízes foram identificadas e validadas nas etapas anteriores. Todas as causas raízes tiveram ações direcionadas para implementação, algumas de imediato, outras tiveram um prazo determinado para total implementação conforme exemplo do plano desenvolvido no Quadro 9.

Quadro 9: Desenvolvimento do plano de ação – 5W2H.

Fato	Ação (O que fazer)	Prazo (Quando)	Responsável (Quem)	Local (Onde)	Como	Status
Consumo de xarope simples não mapeado no controle diário	Medir tubulações do sistema após filtragem do xarope simples	Set/21	Membro 01	Xarope simples e final	Medição de comprimento e diâmetro das tubulações	Concluído
Vulnerabilidade de perda de açúcar pelos drenos manuais	Mapear os drenos manuais do xarope simples e final	Out/21	Membro 07	Xarope simples e final	Realizar contagem in loco	Concluído
	Instalar cadeado para bloqueio das válvulas dos drenos	Out/21	Membro 02	Xarope simples e final	Instalar cadeado nas válvulas dos drenos	Concluído
Vazamento de xarope simples pelas borbotas dos filtros bags	Substitui roscas espanadas das válvulas borboletas	Nov/21	Membro 04	Filtros Bags	Fresagem de novas roscas das borboletas	Concluído
Variação no peso das amostras de açúcar	Comprar backer de vidro para coleta de amostras do açúcar	Nov/21	Membro 05	Salão de Açúcar	Adquirindo um backer de vidro para a atividade do Assistente de AQ	Concluído

Conforme planejamento, a equipe do projeto obteve êxito na execução do plano desenvolvido onde foi possível mensurar os ganhos tangíveis e intangíveis com as ações realizadas, como o exemplo da criação e aplicação de um treinamento específico sobre perdas e seus impactos no resultado financeiro para a empresa conforme Figura 56, aplicado para todo time operacional, gerando resultado imediato na cultura do não desperdício disseminada na empresa.

Figura 56: Criação e aplicação de treinamento sobre perdas.



4.5.10. Etapa Controlar: Desenvolver e Documentar as Práticas Padrão

A equipe do projeto também pode implementar diversos padrões de operação cruciais para o processo de liberação de linha de produção, esta atividade envolve os dois equipamentos estudados, enchedora e proporcionador, com a implementação foi possível reduzir 480 litros de perdas de bebida refrigerante que antes era desperdiçado no processo. A implementação pode ser demonstrada na Figura 57.

Figura 57: Criação de padrão de liberação de linha.



Assim como os padrões de liberação de linha a equipe do projeto também pode implementar padrões de operação para corte/finalização de linha de produção, o qual gerava perda de bebida e tempo de linha parada, com o estudo realizado foram possíveis criações de

lições ponto a ponto realizadas pelos próprios operadores envolvidos no processo produtivo, a implementação pode ser demonstrada na Figura 58.

Figura 58: Criação de padrão de corte de linha.



4.5.11. Etapa Controlar: Desenvolver e Documentar as Práticas Padrão

Na fase controlar foram desenvolvidos documentação para os novos métodos, com treinamento para as novas rotinas e práticas dos novos padrões de trabalho. Uma das principais perdas no processo de envase de bebida refrigerante era a alta variação no enchimento de garrafa PET, essa variação gerava um alto índice de perda de açúcar, pois uma vez que se colocava mais bebida ou menos bebida, a garrafa era refugada, pois era detectada na inspeção eletrônica existente na linha de produção.

Para este problema foram desenvolvidas diversas frentes de trabalho envolvendo estudos específicos do equipamento de enchimento de garrafa, onde se atuou válvula a válvula, atividade estudada na fase analisar, durante os testes de validação de causas ao alterar o cilindro de controle da válvula de líquido, ponto 01 do desenho ilustrado na Figura 59.

Figura 59: Sistema de enchimento de embalagem PET.



Este trabalho envolveu diversas áreas da Indústria, como o setor de Qualidade, Produção, Manutenção e Engenharia de Processo, com o foco na disseminação do uso das ferramentas da metodologia DMAIC, pois tratava-se de um dos principais problemas enfrentados pela empresa que gerava a perda de açúcar. Os padrões foram elaborados para reduzir a variabilidade no processo de enchimento e toda a aplicação do método gerou resultados satisfatório conforme demonstrado na Figura 60.

Figura 60: Redução na variação do conteúdo líquido de PET.

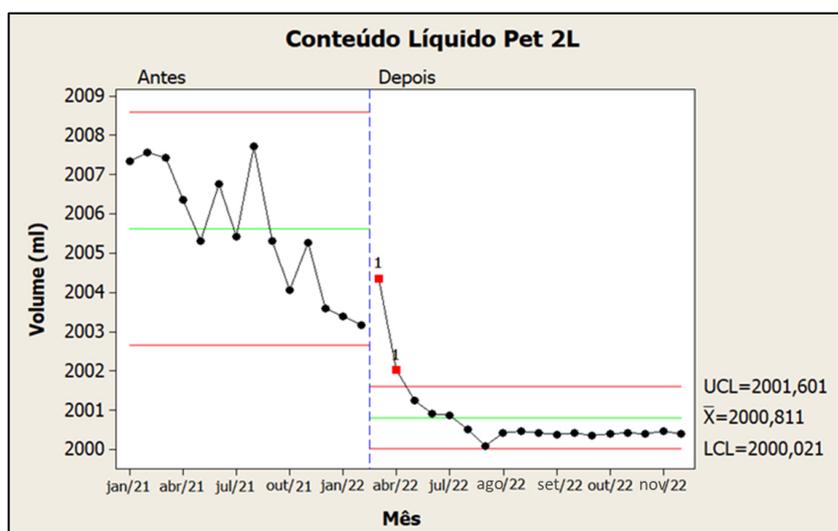


4.5.12. Etapa Controlar: Construir o PMCS

Com as ações aplicadas no sistema de válvula de enchimento foi possível observar uma redução significativa na variabilidade do conteúdo líquido das garrafas envasadas, este controle

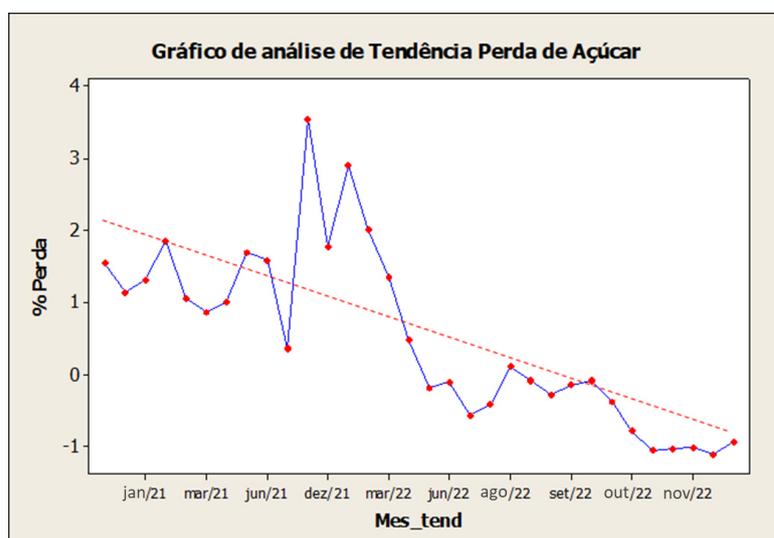
é feito temporariamente na linha de produção PET utilizando a ferramenta CEP (Controle Estatístico de Processo). É possível analisar estatisticamente esta redução no histórico do conteúdo líquido conforme dados gerados no gráfico de Carta Xbarra-R onde os pontos de conteúdo líquido após as implementações das ações de melhoria estão sob controle, pois variam aleatoriamente em torno da linha central que é a média do resultado para este indicador que é o equivalente à 2000,811ml por garrafa envasada, conforme demonstrado na Figura 61.

Figura 61: Gráfico de redução da variação do conteúdo líquido de PET.



Outra análise realizada após as ações aplicadas em todos os processos estudados deu-se no principal indicador do projeto, o percentual de perda de açúcar o qual contribui diretamente para outro indicador estratégico, o custo de produção. Este indicador de perda de açúcar sofreu uma elevada redução ao longo do tempo conforme dados histórico demonstrado na Figura 62.

Figura 62: Análise da tendência da perda de açúcar.



4.5.13. Etapa Controlar: Treinar todo time envolvido e o PMCS

Nesta etapa do método DMAIC foram aplicados treinamento para todas as pessoas chaves identificadas a partir da nova prática padrão implementado no sistema da qualidade como instrução de trabalho.

Para o acompanhamento dos resultados propostos pelo projeto, foi criado um Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo operacional (PMCS) conforme Quadro 10. Neste PMCS há um controle visual de responsabilidades de tarefas para garantia da manutenção dos indicadores. Estes indicadores são atualizados regularmente sendo de fácil acesso para que todos os envolvidos no processo possam visualizar de forma rápida a acompanhar o desempenho dos resultados controlados.

Quadro 10: Sistema de Controle de Gerenciamento de Processo - PMCS

Empresa	Sistema de Controle e Gerenciamento de Processo - PMCS						
Processo:	Cliente Primário do Processo:		CTQs dos Clientes:				
Mapa do Processo	Indicadores		Dados Coletados				
	Indicadores de Saída (Ys)	Indicadores de Entrada (Xs)	Tipo de Gráfico	Período para checagem	Responsável pela checagem	Ação para recuperação	Fórmula Indicador
	Revisão	Data	Alteração		Aprovadores		

4.5.14. Etapa Controlar: Fechar o projeto

Nesta fase a equipe do projeto *Lean Seis Sigma* entrega formalmente os resultados alcançados com a implantação dos procedimentos metodológicos e passa a responsabilidade para a área ou “donos do processo”, tais áreas a partir de então serão responsáveis pelo controle do PMCS e pelos resultados esperados.

Ao final deste projeto foi realizado um evento formal, um almoço especial, comemorando o encerramento do projeto e passagem das responsabilidades a área. Neste evento todos os membros da equipe envolvidos na implementação deste procedimento foram reconhecidas e receberam certificados de participação, medalhas e um brinde da empresa.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1. CONCLUSÕES

A realização deste trabalho tem como objetivo principal reduzir a perda de açúcar utilizada no processo de fabricação de refrigerante em uma empresa do Polo Industrial de Manaus por meio da aplicação da metodologia DMAIC, o qual foi demonstrado por meio de um trabalho explanatório na referida empresa, onde foram analisados e testados os procedimentos metodológicos que geraram os resultados esperados para a pesquisa.

Como objetivos específicos este trabalho visa analisar o processo de enchimento de refrigerante em garrafas PET por meio do uso de metodologia DMAIC, para tanto este trabalho focou nos aspectos técnicos de implementação da metodologia atribuindo as investigações de causas raízes e testes estatísticos nas etapas de medição e análise das causas para garantia da redução da variação no resultado de conteúdo líquido envasado em cada garrafa, conforme atestado nos gráficos de controle da etapa controlar.

Outro objetivo específico visa propor ações para redução da perda de açúcar, visando um aumento de competitividade da empresa estudada, para isso foi possível a determinação e quantificação dos principais pontos de perda e em quais processos havia maior variabilidade da perda de açúcar, como também analisar as causas raízes para o estabelecimento das ações de melhoria e reversão do cenário em que a empresa se encontrava frente ao indicador escolhido, gerando ganhos financeiros e reduzindo o custo de produção.

Por último, outro objetivo específico visa otimizar o processo de envase de refrigerante por meio do uso de ferramentas do *Lean Seis Sigma* com abordagem do ciclo DMAIC, com este estudo de caso foi possível aplicar as ferramentas e atestar as contribuições de cada uma para o atendimento do objetivo do estudo: análise estatística de normalidade de dados, atendimento das expectativas dos clientes conforme definidos como CTQ – Crítico para Qualidade, implementação de gráficos de controle para tomada de decisões, contribuição para uma cultura de investigação de causa com o uso das ferramentas *brainstorming*, 5 Por quês, Diagrama de Ishikawa, Matriz de Esforço x Impacto e 5W2H.

Diante da aplicação da metodologia DMAIC pode-se observar a importância da participação e engajamento dos setores envolvidos com o indicador estudado, fator crucial para

que a implementação ocorresse com sucesso. As duas metodologias implementadas trazem grandes benefícios às empresas, este estudo é prova de que ao seguir e respeitar os conceitos e princípios de cada uma delas, grandes resultados são alcançados.

O objetivo deste trabalho foi alcançado, gerando resultados satisfatórios, comprovados com a evidência de redução do índice de perda de açúcar de aproximadamente 1,95% equivalente à comparação das médias de perdas nos períodos anterior e após à execução do estudo. Com a redução do índice de perda de um dos insumos mais consumidos na empresa estudada, foi possível atender as expectativas do cliente ao prover impacto positivo no custo de produção, possibilitando o aumento da competitividade, fruto da eficácia das ações de melhorias implementadas após a investigação das reais causas geradoras de prejuízos para a organização.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho foi desenvolvido no processo produtivo de uma empresa de grande porte que apresenta um perfil maduro em relação ao conhecimento e a prática dos conceitos da qualidade e para trabalhos futuros sugerimos os seguintes trabalhos:

- Aplicação da metodologia utilizada neste trabalho em outras empresas do mesmo seguimento, ramo de bebidas, presentes no Polo Industrial de Manaus;
- Aplicação de trabalho similar em empresas de pequeno e médio porte que ainda não apresentam um bom perfil com relação aos conceitos do Lean Seis Sigma e aplicação do método DMAIC;
- Aplicação em empresas de outros seguimentos de negócio que visam um aumento de competitividade com a redução das variabilidades em seus processos.

REFERÊNCIAS

- A.J Thomas et al., **Implementing Lean Six Sigma to overcome the production challenges in na Aerospace company**. Prod. Plan, Control.27 (7) (2016) 591-603.
- ABRABE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS. Categorias. Disponível em: <<http://www.abrabe.org.br/categorias/>>. Acesso em: 10 out. 2022.
- AHMED, Selim. **Integrando a abordagem DMAIC do Lean Six Sigma e a teoria das restrições para a melhoria da qualidade na área da saúde**. Revisões sobre saúde ambiental, v. 34, n. 4, pág. 427-434, 2019.
- ALÓDIO, Jéssica Ellen Camargo. **Aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing na redução do desperdício de materiais na empresa Parker Hannifin**. 2019.
- ALSUBAIE, B.; YANG, Q. **Maintenance process improvement model by integrating LSS and TPM for service organisations**. Lecture Notes in Mechanical Engineering, p. 13-24, 2017.
- ANTONY, J., KUMAR, M., & CHO, B. R. (2007). **Six sigma in service organisations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors**. International journal of quality & reliability management.
- BRASSARD, Michael. FIELD, Carolyn. ODDO, Fran. Page, Bob, Ritter, Diane. Smith, Larry. **The Six Sigma Memory Jogger TM II**. GOAL/QPC. Estados Unidos, 2002.
- BREYFOGLE, F. W.; MEADOWS, B. Botto. **Line success with Six Sigma**. Quality Progress, Milwaukee: v.34, n. 5, p. 101-104, May 2001.
- CHAKRABARTY, Ayon; TAN, Kay Chuan. **The current state of six sigma application in services**. Managing service quality: An international journal, v. 17, n. 2, p. 194-208, 2007.
- CLETO, M.G. GESTÃO DE PROJETOS ATRAVÉS DO DMAIC: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA. ABEPRO. Universidade Federal do Paraná – PPGEP/UFPr. 2011.
- CORONADO, R.B.; Antony, J. **Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations**. The TQM Magazine Journal, [S. 1.]: v.14, n.2, p. 92-99, 2002.
- COSTA, Luana Bonome Mensagem et al. **Lean, seis sigma e lean six sigma na indústria de alimentos: uma revisão sistemática da literatura**. Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 82, p. 122-133, 2018.
- COSTA, Taiane Barbosa Da Silva; Mendes, Meirivone Alves. **Análise da causa raiz: Utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura**. Anais do X SIMPROD, 2018.
- DA SILVA BARBOSA, Tarcizio et al. **Adoção do lean seis sigma em serviços: classificação, análise e discussão da literatura** Adoption of lean six sigma in services: classification,

analysis and discussion of the literature. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 12, p. 115645-115666, 2021.

DE MAST, Jeroen; LOKKERBOL, Joran. **Uma análise do método Six Sigma DMAIC na perspectiva da resolução de problemas.** *Revista Internacional de Economia da Produção*, v. 139, n. 2, pág. 604-614, 2012.

DEKIER, Łukasz. **The origins and evolution of Lean Management system.** *Journal of International Studies*, v. 5, n. 1, p. 46-51, 2012.

DIAS, S.M. **Implementação da metodologia Lean Seis-Sigma – O caso do Serviço de oftalmologia dos Hospitais da Universidade de Coimbra**, Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2011.

ECKES, George. **A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro.** 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2001. 270 p.

FERNANDES, S. T.; AUGUSTO, F.; MARINS, S. **Aplicação do Lean Six Sigma na Logística de Transporte, Lean Six Sigma.** *Application To Transportation Logistics.* *Revista Produção Online*, v. 12, n. 2, p. 297–327, 2012

FOUQUET, J. B., **Design for Six Sigma and lean product development**, *International Journal of Lean Six Sigma*, 2012.

GALVANI, L. R., **Análise comparativa da aplicação do programa Seis Sigma em processos de manufatura e serviços**, 2013.

GOMES, S.Á., **Improvement of segment business using DMAIC methodology: A case study**, *International Journal of Performability Engineering*, November 2010, Vol.6(6), pp.561-576.

IKUMAPAYI, O.M.; AKINLABI, E.T.; MWEMA, F.M.; Ogbonna, O.S. (2020). **Six sigma versus lean manufacturing**, An overview. *Materials Today: Proceedings*, S2214785320324202-. doi:10.1016/j.matpr.2020.02.986.

JOHNSON, A., SWISHER, B., 2003. **How six sigma improves R&D.** *Research Technology Management* 46 (2), 12–15.

JORDÃO, Kaylla Lage et al. **Aplicação da metodologia lean seis sigma para a melhoria do sistema de gestão de uma indústria química.** 2022.

JUNIOR, F. D. O., JEUNON, E. E., & Duarte, L. D. C. **Impactos da implantação do Lean Manufacturing: Um estudo em um operador logístico de grande porte.**

KWAK, Young Hoon; ANBARI, Frank T. **Benefits, obstacles, and future of six sigma approach.** *Technovation*, v. 26, n. 5-6, p. 708-715, 2006.

LANDER, E.; LIKER, J. K. (2007). **O Sistema de Produção Toyota e a arte: fazer produtos altamente personalizados e criativos do jeito Toyota.** *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681-3698. doi:10.1080/00207540701223519.

LYNCH, Donald P.; BERTOLINO, Suzanne; CLOUTIER, Elaine. **Como definir o escopo de projetos DMAIC.** *Progresso da qualidade*, v. 36, n. 1, pág. 37-41, 2003.

MANI, G. M.; DE PÁDUA, F. S. M. **LEAN SEIS SIGMA**. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 115–126, 2008. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/27>. Acesso em: 22 out. 2022.

MATOS, Gonçalo Lopes de. **Aplicação de Pensamento Lean: Caso de Estudo**. 2016. Tese de Doutorado.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção além da produção**. Bookman, 1997.

OLIVEIRA, S. E.; ALLORA, V.; SAKAMOTO, F. T. C. **Utilização conjunta do método UP' (Unidade de Produção -UEP') com o Diagrama de Pareto para identificaras oportunidades de melhoria dos processos de fabricação: um estudo na agroindústria de abate de frango**. 2006. Custos e Agronegócio, v. 2 - n.2 2006.

PANDE, P. S., NEUMAN R. P., CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 472 p.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção. Operações industriais e de serviços**. Unicenp , pág. 201-202, 2007.

PETENATE, Marcelo. **O que é o roteiro DMAIC no Lean Six Sigma**. Disponível em: <<https://www.escolaedti.com.br/roteiro-dmaic/>> Acesso em: 19 de OUT de 2021.

PIRES, João Paulo Félix et al. **Aplicação do Lean Seis Sigma para a melhoria do Sistema de Gestão Integrado (SGI) de uma empresa de mineração**. Gestão da Produção em Foco Volume 45, p. 37, 2018.

R.K, Beemaraj, THENI, T. **Six sigma concept and dmaic implementation**, Int. J. Bus. Manage. Res. 3 (2018) 111–114.

RABECHINI JR, Roque; CARVALHO, Marly Monteiro De; LAURINDO, Fernando José Barbin. **Fatores críticos para implementação de gerenciamento por projetos: o caso de uma organização de pesquisa**. Production, v. 12, p. 28-41, 2002.

RASIS, D. **Paper Organizers International: A Fictitious Six Sigma Green Belt Case Study**. Desenvolvimento, 2002.

RASMUSSEN, David. **SIPOC picture book: A visual guide to SIPOC/DMAIC relationship**. Oriel Incorporated, 2006.

REWERS, Paulina; TROJANOWSKA, Justyna; CHABOWSKI, Przemysław. Tools and methods of Lean Manufacturing-a literature review. In: Proceedings of 7th international technical conference technological forum. 2016. p. 28-30.06.

S.S. Chakravorty, **Six Sigma programs: na implementation model**. Int. J. Prod. Econ. 119 (2009) 1-16.

SCHROEDER, R.G. **Six sigma: definition and underlying theory**. Journal of Operations Management, v.26, n. 4, p. 536-554, 2007.

SERRAT, Olivier. **Knowledge solutions: Tools, methods, and approaches to drive organizational performance**. Springer Nature, 2017.

SETEC CONSULTING GROUP. **Apostila Setec Consulting Group Treinamento Green Belt, Six Sigma**, 2006.

SILVA, Hercílio Everton Nogueira da. **Procedimento metodológico para aplicação do modelo DMAIC da metodologia seis sigma em uma indústria de bebidas: Um estudo de caso**. 127 f. 2010.

SNEE, R. D. **Dealing with the achilles heel of six sigma initiatives**. Quality Progress. v.34, n. 3, p.66, 2001

STONE, K.B., **Four decades of lean: a systematic literature review**, International Journal of Lean Six Sigma, 2012.

TERNER, G.L.K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e resolução de problemas em uma empresa metal – mecânica**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, RS. UFRS. 2008.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Bookman, 2004.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. Belorizonte: Desenvolvimento, 2006.

WERKEMA, M.C.C. **Criando Cultura Seis Sigmas – Serie Seis Sigmas**. Volume 1. Editora Werkema. 2004.

YADAV, G.; DESAI, T. N. **Lean Six Sigma: a categorized review of the literature**. International Journal of Lean Six Sigma, v. 7, n. 1, p. 2–24, 2016.

ZOPPI, J. V.; OKADA, R. H. **Métodos e Ferramentas Que Auxiliam Empresas Na Resolução De Problemas**. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 667–679, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/603>. Acesso em: 25 out. 2022.