

**JOÃO FELIPE SILVA DOS SANTOS**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *SIX SIGMA* E MÉTODO DMAIC PARA  
REDUÇÃO NO ÍNDICE DE PERDAS DE LATAS DE ALUMÍNIO EM UMA  
INDÚSTRIA DE BEBIDAS.**

**ESTUDO DE CASO: LATAX REFRIGERANTES LTDA**

**JOÃO FELIPE SILVA DOS SANTOS**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *SIX SIGMA* E MÉTODO DMAIC PARA  
REDUÇÃO NO ÍNDICE DE PERDAS DE LATAS DE ALUMÍNIO EM UMA  
INDÚSTRIA DE BEBIDAS.  
ESTUDO DE CASO: LATAX REFRIGERANTES LTDA**

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**

**JOÃO FELIPE SILVA DOS SANTOS**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SIX SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA  
REDUÇÃO NO ÍNDICE DE PERDAS DE LATAS DE ALUMÍNIO EM UMA  
INDÚSTRIA DE BEBIDAS.**

**ESTUDO DE CASO: LATAX REFRIGERANTES LTDA**

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, 01 de dezembro de 2022



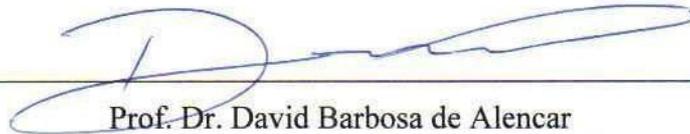
**Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite**

Coordenador do PPG.EGPSA - ITEGAM

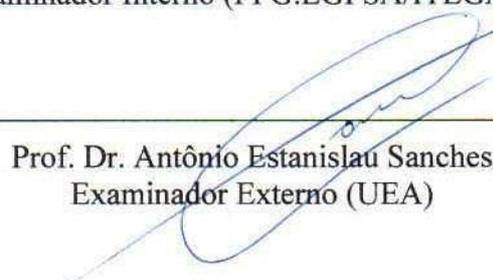
**BANCA EXAMINADORA**



**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**

---

Santos, João Felipe Silva dos, 2022 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SIX SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO NO ÍNDICE DE PERDAS DE LATAS DE ALUMÍNIO EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS. ESTUDO DE CASO: LATAX REFRIGERANTES LTDA / João Felipe Silva dos Santos - 2022. 73 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. Six Sigma 2. Método DMAIC 3. Redução de Perdas 4. Indústria de Bebidas

CDD - 1001.ed.2022.35

---

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais (João Olívio, Neide Silva) e minha amada esposa (Amanda Leal), por todo amor, compreensão e apoio nos meus objetivos de vida.

Aos professores, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado.

Ao professor Dr. Jandecy Cabral Leite, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

*Epígrafe*

“Não tenha medo de desistir do bom, para  
conquistar o ótimo.”

*John D. Rockefeller*

## *Dedicatória*

Este trabalho é todo dedicado aos meus pais, João Olívio e Neide Silva, pois graças ao seu amor, apoio e dedicação hoje sou o que sou e ainda serei.

## RESUMO

SANTOS, João Felipe Silva dos. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SIX SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO NO ÍNDICE DE PERDAS DE LATAS DE ALUMÍNIO EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS. ESTUDO DE CASO: LATAX REFRIGERANTES LTDA.** 73 Folhas. Dissertação do programa de pós-graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (EGPSA), Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

No seguimento de indústria de bebidas, os fatores de qualidade são críticos para uma empresa, pois além de estar relacionado com a segurança dos consumidores, em função da ingestão dos produtos por seres humanos, também é fundamental para evitar desperdícios de matérias-primas. Caracterizados por margens de lucro baixas, manter os níveis de qualidade elevados contribui diretamente na competitividade e sobrevivência de uma empresa desse seguimento diante das concorrentes. O Seis Sigma é uma ferramenta reconhecida internacionalmente e utilizada amplamente na identificação e implementação de melhorias em processos internos de uma organização, visando obter custos operacionais menores e, conseqüentemente, aumentar suas margens de lucro. Durante a aplicação dessa ferramenta é necessário que seja seguida uma seqüência definida de passos e estabelecer objetivos quantificados. Este estudo demonstra como a aplicação da ferramenta pode auxiliar na redução de custos operacionais por meio da redução de perdas de latas no processo produtivo mediante análises de causa e implementação de planos de ação em uma linha de produção de refrigerantes em latas de alumínio em uma indústria de bebidas. Na aplicação desse estudo foram seguidas as etapas da metodologia DMAIC, onde foram utilizadas ferramentas estatísticas para DEFINIR os problemas e identificar as melhorias, MEDIR durante as fases de obtenção de resultado, ANALISAR os dados coletados transformando em informações úteis para tomada de decisão, IMPLEMENTAR as ações propostas em plano de ação com base nas etapas anteriores e por fim CONTROLAR os processos para que a melhoria contínua seja um ciclo vivo dentro da instituição. A equipe de seis sigma desse projeto, aplicando metodologias de VOC – Voz do Cliente (*Voice of Customer*, em inglês), Diagrama de Serpente e SIPOC, pôde interagir com os clientes internos sobre os processos de envasamento de refrigerantes em latas de alumínio, bem como os outros processos que interagem entre si e como esse processo de industrialização se insere no contexto da organização como um todo. Após a implementação total das ações, o objetivo foi atendido. Em comparação com o período anterior medido, o processo analisado reduziu o percentual médio

de perdas de latas de 0,53% para 0,26% após as ações implementadas, representando uma melhoria de 49% no índice de perdas do processo.

**Palavras-Chave:** *Six Sigma*; Método DMAIC; Redução de Perdas; Indústria de Bebidas.

## ABSTRACT

SANTOS, Joao Felipe Silva dos. **APPLICATION OF THE SIX SIGMA METHODOLOGY AND DMAIC METHOD FOR REDUCING THE LOSSES INDEX OF ALUMINUM CANS IN A BEVERAGE INDUSTRY. CASE STUDY: LATAX REFRIGERANTES LTDA.** 73 Sheets. Dissertation of the graduate program in Engineering, Process, Systems and Environmental Management (EGPSA), Institute of Technology and Education Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

In the segment of the beverage industry, quality factors are critical for a company, as in addition to being related to consumer safety, due to the ingestion of products by human beings, it is also essential to avoid wasting raw materials. Characterized by low profit margins, maintaining high quality levels directly contributes to the competitiveness and survival of a company in this segment among the competitors. Six Sigma is an internationally recognized tool widely used in the identification and implementation of improvements in internal processes of an organization, aiming to obtain lower operating costs and, consequently, increase profit margins. During the application of this tool, it is necessary to follow a defined sequence of steps and to establish quantified objectives. This study demonstrates how the application of the tool can assist in reducing operational costs by reducing losses of cans in the production process through cause analysis and implementation of action plans in a production line of soft drinks in aluminum cans in a beverage industry. In the application of this study, steps of the DMAIC methodology were followed, where statistics tools were used to DEFINE the problems and identify the improvements, MEASURE during the phases of getting results, ANALYZE the collected data into useful information for decision making, IMPLEMENT the actions proposed in an action plan based on the previous steps and finally CONTROL the processes so that continuous improvement is a living cycle within the institution. The *Six Sigma* team of this project, applying VOC - Voice of Customer, Snake Diagram and SIPOC methodologies, could interact with internal customers about the soft drink bottling processes in aluminum cans, as well as the other processes that interact among themselves and how this industrialization process is inserted in the context of the organization as a whole. After the full implementation of the actions, the objective was met. In comparison with the previous measured period, the analyzed process reduced the average percentage of can losses from 0,53% to 0,26% after the implemented actions, representing a 49% improvement in the loss rate of the process.

**Keywords:** Six Sigma; DMAIC Method; Loss reduction; Beverage Industry.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> - Métrica <i>Six Sigma</i> .....	22
<b>Figura 2.2</b> - Ferramentas do Método DMAIC.....	27
<b>Figura 2.3</b> - Diagrama de Ishikawa .....	30
<b>Figura 2.4</b> - Matriz Esforço x Impacto .....	32
<b>Figura 3.1</b> - Layout de equipamentos da linha de produção K-1. ....	33
<b>Figura 3.2</b> - Diagrama de etapas do estudo .....	35
<b>Figura 4.1</b> - Ranking de perda de insumos .....	39
<b>Figura 4.2</b> - Diagrama de Serpente do objeto de estudo .....	40
<b>Figura 4.3</b> - Índice mensal de perdas de latas de alumínio.....	41
<b>Figura 4.4</b> - Volume de produção de caixas de latas conforme tamanhos .....	41
<b>Figura 4.5</b> - Volume de perda de latas por modelo .....	42
<b>Figura 4.6</b> - Custos mensais com perdas de latas .....	42
<b>Figura 4.7</b> - Máquina despalletizadora.....	45
<b>Figura 4.8</b> - Transportador após despalletizadora .....	45
<b>Figura 4.9</b> - Inspetor de Latas Pressco .....	46
<b>Figura 4.10</b> - Tela de parâmetros do Inspetor de Latas Pressco .....	46
<b>Figura 4.11</b> - Lavadora de Latas – Rinser .....	47
<b>Figura 4.12</b> - Proporcionador .....	47
<b>Figura 4.13</b> - Máquina Enchedora.....	48
<b>Figura 4.14</b> - Bicos de enchimento da Máquina Enchedora.....	48
<b>Figura 4.15</b> - Guia metálico de tampas da Recravadora.....	49
<b>Figura 4.16</b> - Máquina Recravadora de latas.....	49
<b>Figura 4.17</b> - Inspetor de nível – Heuft .....	50
<b>Figura 4.18</b> - Máquina Warmer.....	51
<b>Figura 4.19</b> - Secadores de latas .....	51
<b>Figura 4.20</b> - Codificador de latas .....	52
<b>Figura 4.21</b> - Guias metálicos de latas da entrada da Empacotadora .....	52
<b>Figura 4.22</b> - Máquina Empacotadora.....	53
<b>Figura 4.23</b> - Organizador de Caixas.....	53
<b>Figura 4.24</b> - Palletizadora .....	54
<b>Figura 4.25</b> - Máquina Envolvedora.....	54
<b>Figura 4.26</b> - Exemplos de Transportadores da linha K-01.....	55
<b>Figura 4.27</b> - Pontos de medição de perda na linha K-01.....	56
<b>Figura 4.28</b> - Quantidade de perdas de latas por ponto de medição na linha K-01. ....	58
<b>Figura 4.29</b> - Diagrama de Ishikawa aplicada à Enchedora e o Heuft .....	59
<b>Figura 4.30</b> - Diagrama de Ishikawa aplicada à Despaletizadora .....	60
<b>Figura 4.31</b> - Matriz de Esforço X Impacto de causas raízes .....	61
<b>Figura 4.32</b> - Índice de perdas de latas de alumínio (antes x depois).....	67
<b>Figura 4.33</b> - Redução de perdas de latas de alumínio .....	67

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 2.1</b> - Diagramação do SIPOC. ....	28
<b>Quadro 2.2</b> - Famílias de causas do Diagrama de Ishikawa .....	30
<b>Quadro 2.3</b> - Modelo de ferramenta 5W2H.....	31
<b>Quadro 3.1</b> - Identificadores de máquinas e equipamentos da Linha K-01 .....	34
<b>Quadro 4.1</b> - Diagrama SIPOC do processo de latas.....	44
<b>Quadro 4.2</b> - Identificadores de pontos de perda da Linha K-01. ....	56
<b>Quadro 4.3</b> - Lista de causas identificadas na fase de análise .....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> - Escala <i>Six Sigma</i> .....	23
<b>Tabela 4.1</b> - Ferramenta VOC do projeto de perda de latas .....	43
<b>Tabela 4.2</b> - Plano de coleta de dados dos pontos de perda.....	57
<b>Tabela 4.3</b> - Plano de ação para causas do quadrante C. ....	62
<b>Tabela 4.4</b> - Plano de ação para causas do quadrante A e B.....	62

## LISTA DE SIGLAS

<b>5W2H</b>	Who, What, Where, When, Why, How, How Much
<b>BNDS</b>	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
<b>DMAIC</b>	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
<b>LUP</b>	Lições de Um Ponto
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>SIPOC</b>	Supplie, Input, Process, Output, Customers
<b>TQM</b>	<i>Total Quality Management</i>
<b>VOC</b>	Voice of Customer

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>19</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO</b> .....	<b>20</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
<b>1.2.1 Geral</b> .....	<b>20</b>
<b>1.2.2 Específicos</b> .....	<b>21</b>
<b>1.3 CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DA PESQUISA</b> .....	<b>21</b>
<b>1.4 ESCOPO DO TRABALHO</b> .....	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>23</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1 METODOLOGIA SIX SIGMA</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2 MÉTODO DMAIC</b> .....	<b>25</b>
<b>2.2.1 Etapa definir (<i>Define</i>)</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.2 Etapa medir (<i>Measure</i>)</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.3 Etapa analisar (<i>Analyze</i>)</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2.4 Etapa melhorar (<i>Improve</i>)</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2.5 Etapa controlar (<i>Control</i>)</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2.6 Ferramentas DMAIC</b> .....	<b>28</b>
<b>2.3 DIAGRAMA SIPOC</b> .....	<b>29</b>
<b>2.4 DIAGRAMA DE ISHIKAWA</b> .....	<b>29</b>
<b>2.5 FERRAMENTA 5W2H</b> .....	<b>32</b>
<b>2.6 MATRIZ DE ESFORÇO X IMPACTO</b> .....	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>34</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1 MATERIAIS</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2 MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>

3.2.1 Etapa I - Levantamento de Dados .....	36
3.2.2 Etapa II - Mapeamento de Processo.....	37
3.2.3 Etapa III - Medição de Perdas .....	37
3.2.4 Etapa IV: Análise de Causa .....	38
3.2.5 Etapa V: Plano de Ação.....	38
3.2.6 Etapa VI: Medidas de Controle.....	38
3.2.7 Etapa VII: Resultados Obtidos.....	39
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>40</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 MAPEAMENTO DE PROCESSO .....</b>	<b>44</b>
4.2.1 Despalletizadora .....	45
4.2.2 Inspetor de Latas Pressco.....	46
4.2.3 Lavadora de Latas – Rinser .....	47
4.2.4 Proporcionador .....	48
4.2.5 Máquina Enchedora .....	48
4.2.6 Recravadora .....	49
4.2.7 Inspetor de nível – Heuft.....	50
4.2.8 Máquina Warmer .....	51
4.2.9 Secadores.....	52
4.2.10 Codificador de Latas .....	52
4.2.11 Empacotadora .....	53
4.2.12 Organizador de Caixas.....	54
4.2.13 Palletizadora .....	54
4.2.14 Máquina Envolvedora .....	55
4.2.15 Transportadores.....	55
<b>4.3 MEDIÇÃO DE PERDAS .....</b>	<b>56</b>

<b>4.4 ANÁLISE DE CAUSA .....</b>	<b>59</b>
<b>4.5 PLANO DE AÇÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>4.6 MEDIDAS DE CONTROLE .....</b>	<b>66</b>
<b>4.7 RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>69</b>
<b>5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1 CONCLUSÕES.....</b>	<b>69</b>
<b>5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>

# CAPÍTULO 1

---

## 1. INTRODUÇÃO

Em alguns tipos de indústrias, como por exemplo a de bebidas, os fatores qualidade e segurança são críticos, no que tange à cadeia de suprimentos desde a logística de matérias-primas, processo produtivo e entrega nas prateleiras para o consumidor final. Tal rigor é compreensível uma vez que são produtos que serão consumidos por seres humanos (GRUNERT, 2005).

A indústria de bebidas no Brasil viveu um crescimento expressivo no que compreende o período de 2003 até 2016, inclusive isso pode ser visto com o crescimento proporcional do setor maior do que o Produto Interno Bruto (PIB) do país nesse mesmo período (BNDES, 2017).

Além disso, a expressividade dessa indústria passou não somente na esfera nacional, mas também internacional com o Brasil sendo o terceiro maior produtor de cervejas e refrigerantes do mundo (BNDES, 2014).

Apesar disso, uma característica desse tipo de indústria - nacional e internacional - são poucas grandes empresas que dominam o setor e buscam por maiores participações de *share* de mercado. Um fator que todas essas empresas têm em comum é a constante variação nos custos de fabricação, pois tanto os insumos produtivos quanto os materiais utilizados nas embalagens são vinculados ao preço de *commodities*. Por esses e outros motivos, as baixas margens de lucro do setor, exigem dos processos alta eficiência e baixa utilização de recursos, seja para menores custos de produção quanto para sustentabilidade (OSTERROTH, 2017).

Para o atingimento e manutenção de processos de alta eficiência, é fundamental que existam iniciativas constantes de melhorias no processo produtivo. Para que um determinado processo seja melhorado, é necessário que uma sequência de etapas estruturadas seja executada, utilizando ferramentas apropriadas que componham um roteiro de melhoria para a obtenção do resultado esperado (HARRY, SCHROEDER, 2000). Isto é, pode-se afirmar que ao seguir essa sequência de passos, o indivíduo ou a equipe, que estabelece objetivos de melhorias e dirige o trabalho, obterá os ganhos ou melhorias esperadas num determinado processo alvo.

Tendo isso em vista, pode-se afirmar que a metodologia *Six Sigma* e o método DMAIC podem ser aliados valiosos em um trabalho onde o principal objetivo é elevar o nível de qualidade e trazer ganhos expressivos para um determinado processo.

Portanto, com o uso dessas duas ferramentas neste trabalho, que é um estudo de caso, tem

como objetivo analisar as causas de perdas de latas em uma indústria de bebidas, bem como propor ações e verificar a eficácia das mesmas por meio da medição dos índices mensais desses indicadores de qualidade.

O estudo de caso foi conduzido em uma indústria de bebidas de grande porte, que opera na cidade de Manaus há mais de 50 anos. A fim de preservar a real identificação da companhia, a empresa será referida no trabalho como Latax Refrigerantes.

## 1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO

O estudo de análise de perdas, o que consequentemente resulta na redução de custos operacionais, em uma indústria de bebidas é importante, pois trata-se de um setor com uma enorme relevância nacional e internacional, nos aspectos econômicos e sociais. Econômicos devido à representatividade na economia do país e sua contribuição significativa no PIB. Já os aspectos sociais tratam-se do potencial de empregabilidade que fornece renda para a comunidade que está inserida, bem como suprir produtos que compõe a alimentação das mesmas pessoas que são empregadas por essa indústria assim como a sociedade em geral.

Analisando também o período do desenvolvimento deste trabalho é concomitante à pandemia global do COVID-19, que causou impactos econômicos e sociais negativos sem precedentes na história recente. Portanto, neste período onde muitas empresas passaram por uma grave recessão e tantas outras deixaram de existir, iniciativas que visassem reduzir custos da organização a fim de equilibrar as contas e manter a empregabilidade de seus colaboradores foram fundamentais para mitigar os impactos em demissões e preservar a condição financeira de muitas famílias.

Além desses fatores, esse estudo também deve servir como referência para companhias do mesmo setor de atuação, a fim de visualizar a importância da prática da melhoria contínua olhando para os processos de industrialização e a utilização de dados para as tomadas de decisão, de modo que estejam alinhados com a estratégia da organização.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral

Aplicar a metodologia *Six Sigma* e DMAIC para analisar as causas de perdas de latas em uma indústria de bebidas e implementar ações para redução dos índices de perdas.

### 1.2.2 Específicos

- Levantar dados do processo atual de fabricação do processo alvo da pesquisa.
- Aplicar metodologia *Six Sigma* e Método DMAIC.
- Analisar eficácia das ações implementadas através de dados.

### 1.3 CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Tradicionalmente, nas empresas do setor de indústria de bebidas prevalece uma preocupação com questões referente a eficiência produtiva, conseqüentemente sempre investindo em iniciativas de redução dos custos de produção, dentre outras ações relacionadas à qualidade dos produtos que são por ela industrializado.

As métricas de qualidade em operações industriais, são utilizadas como fatores determinantes primários da satisfação do consumidor. De fato, a qualidade como conformidade, ou seja, atendimento de requisitos do processo e ao que o cliente deseja, são os primeiros passos para a satisfação dos clientes.

Portanto, o desenvolvimento desse trabalho é relevante em função dos conhecimentos produzidos gerados dentro da organização sobre como aplicar uma metodologia voltada ao aumento dos níveis de qualidade, permitindo ao pessoal de nível operacional e tático o uso da mesma para seu potencial de maior eficiência e produtividade.

A aplicação da metodologia *Six Sigma* e do método DMAIC em processos industriais poderão servir como instrumentos capaz de:

- Proporcionar informações claras e precisas sobre os procedimentos que devem ser seguidos para a implantação de projetos pautados na qualidade do produto e dos processos;
  - Contribuir na escolha correta de quais processos industriais devem ser priorizados ações de melhoria, através de gráficos e dados provenientes de processos de análise e medições;
  - Estimular o uso dessas ferramentas de melhoria de qualidade, tendo como resultado para a empresa o ganho na melhoria da qualidade e produtividade, assim como a diminuição decustos, pela redução das perdas de material no processo.

### 1.4 ESCOPO DO TRABALHO

No **capítulo 1**, introdução, são apresentados, de forma sucinta, os elementos que motivaram à realização deste trabalho, juntamente com os objetivos, a relevância e contribuição dessa dissertação.

No **capítulo 2**, é abordado a revisão bibliográfica de metodologias e ferramentas cujo conceitos servirão de base e utilização nos processos de medição e obtenção de resultados.

No **capítulo 3** é apresentado os materiais e métodos de pesquisa utilizados para o atingimento dos objetivos da dissertação.

No **capítulo 4** é dedicado às discussões a respeito do estudo de caso, contemplando desde aos levantamentos iniciais de dados, as medições realizadas ao longo do trabalho e por fim os resultados obtidos após a implementação das ações propostas.

Finalmente, no **capítulo 5** tem como objetivo sintetizar os resultados obtidos e expor os pontos identificados como oportunidades para estudos futuros dentro da mesma empresa ou para outras indústrias do mesmo segmento.

## CAPÍTULO 2

---

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 METODOLOGIA *SIX SIGMA*

O *Six Sigma* foi desenvolvido pela companhia americana Motorola, como ferramenta de melhoria de processo, durante o meio dos anos oitenta (FORMÁNEK, 2020). A partir desta introdução inicial pela Motorola, o *Six Sigma* aparenta ter se fundido ao conceito de gestão da qualidade total (em língua inglesa "*Total Quality Management*" ou simplesmente "TQM") segundo Green (2006).

Essa definição coincide conforme abordado por Werkema (2012) que o conceito do *Six Sigma* além de ter sido introduzido e popularizado pela Motorola, logo em seguida também foi adotado pela General Electric (GE) e por outras empresas de classe mundial.

Outra definição para o *Six Sigma* segundo Bisgaard e Freiesleben (2004) seria que se trata de uma maneira de medir o progresso do gerenciamento da qualidade em uma organização, sendo altamente valoroso e bem sucedido. E desde sua criação nos anos 80 até os tempos contemporâneos, é uma prática de sucesso na melhoria da qualidade, pois adota como objetivo a diminuição de variabilidade de processo. É uma metodologia estruturada que através de melhoria de processos relacionados diretamente na produção de bens e serviços.

Dentre tantos benefícios que essa metodologia pode trazer, é mencionado por Aguiar (2006) que talvez a principal seja a promoção de mudança na cultura organizacional, modificando a maneira que a mesma se posiciona em relação aos seus problemas, as maneiras de identificar causas e como tomar ações para tratá-los.

A metodologia *Six Sigma* também pode ser traduzida como um conjunto de esforços de melhoria em metas específicas em uma organização, visando reduzir os defeitos ao mais próximo do zero possível, sendo o maior nível de 3,4 defeitos a cada 1 milhão de oportunidades (MARSHALL JUNIOR, 2008).

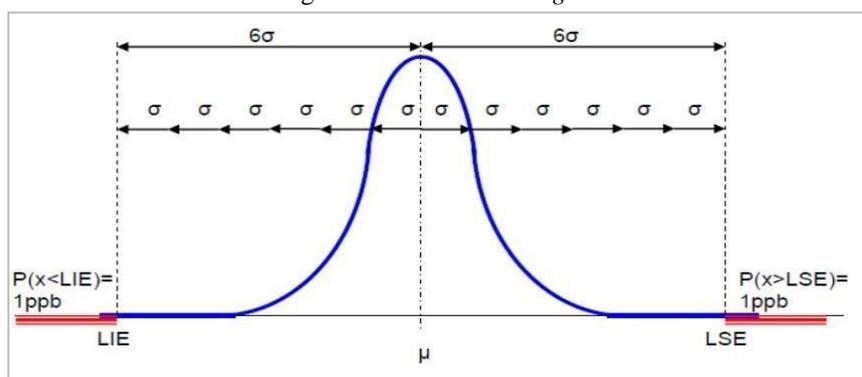
Portanto, pode-se dizer que o *Six Sigma* é uma metodologia centrada nas necessidades dos clientes, também um alinhamento de negócios de uma empresa, uma maneira de analisar a variação dos processos, e ferramenta de direcionamento rápido e sustentável para os processos da organização (PADOVANI e ROTONDARO, 2010).

Como principais objetivos do *Six Sigma*, Barreto (2010) sumariza que seriam a eliminação de desperdícios, melhoria na qualidade dos processos e produtos, e consequentemente um aumento da satisfação dos clientes e lucratividade da organização.

O “*Sigma*” é uma letra grega que trouxe um conceito de estatística, onde sua aplicação é para representar o desvio padrão em relação ao valor médio. Logo, quando se formou o termo *Six Sigma*, quer dizer que há uma distância de seis vezes em relação ao desvio padrão. Na prática, um processo que alcança o nível de *Six Sigma* não deve produzir mais de 3.4 defeitos por milhão (MOOSA, & SAJID, 2010; LEI, 2015).

A métrica *Six Sigma* ( $6\sigma$ ) trata-se da distância entre o valor médio das saídas do processo e cada um dos limites de especificação é de seis desvios padrões do processo. O gráfico da Figura 2.1 ilustra a probabilidade de um evento ocorrer acima do LSE (limite superior de especificação) é de 1 parte por bilhão (1 ppb). Isso significa que a cada um bilhão de produtos ou serviços produzidos, um estará fora da especificação. A mesma lógica se aplica ao limite inferior de especificação – LIE.

Figura 2.1- Métrica *Six Sigma*.



Fonte: ADAPTADO DE MONTGOMERY (2020)

O nível de aceitabilidade do sigma para um determinado processo deve ser conforme os requisitos dos clientes, conforme a Tabela 2.1 de Defeito por milhão de oportunidades (DPMO), conforme abordado por Pande *et al.*, (2001).

Tabela 2.1: Escala *Six Sigma*.

Taxa de Acerto	Taxa de Erro	Defeito por milhão de oportunidades (DPMO)	Escala Sigma
30,90%	69,10%	691,462	1,0
69,10%	30,90%	308,538	2,0
93,30%	6,70%	66,807	3,0
99,38%	0,62%	6,21	4,0
99,98%	0,02%	2,33	5,0
99,99966%	0,00034%	3,4	6,0

Fonte: ADAPTADO DE PANDE *ET AL.*, (2001)

Apesar de haver a adoção dessa metodologia por grandes empresas desde a sua formatação original, há diferentes definições para o *Six Sigma*, o que pode resultar em incerteza e confusão (SCHROEDER, 2008).

Dentre as diferentes formas de conceituar o *Six Sigma*, pode-se elencar quatro abordagens para uma melhor compreensão da ferramenta.

Como citado anteriormente, a primeira trata-se de uma abordagem que sugere o *Six Sigma* sendo uma série de ferramentas estatísticas para a construção de uma sequência de etapas para a melhoria de processo (GOH e XIE, 2004; MCADAM e EVANS, 2004). Visto por essa ótica, o *Six Sigma* trata-se de um método isolado para resolução de problemas, não integrante de um sistema de gerenciamento, por exemplo.

Uma segunda abordagem feita por Chakrabarty e Tan (2007) é que o *Six Sigma* concerne à uma filosofia operacional de gestão, a qual traz benefícios para fornecedores, clientes e colaboradores da companhia.

Uma terceira perspectiva seria o *Six Sigma* como uma cultura organizacional de gerenciamento *top-down*, onde os principais problemas e metas de negócio são analisados pelos executivos, para que então as equipes atuem na identificação de oportunidades de melhoria para o atingimento dessas metas e resolução de problema (FLIFEL *et al.*, 2017).

O quarto conceito abordado sobre o *Six Sigma* é que o mesmo se trata de uma metodologia de análise, sendo possível medir a capacidade de um processo a fim de eliminação de defeitos (VIRMANI e HUSSAIN, 2018).

## 2.2 MÉTODO DMAIC

O método DMAIC também foi desenvolvido inicialmente na Motorola como parte da metodologia *Six Sigma*, a qual com sua aplicação ao longo dos anos demonstrou ser uma

ferramenta eficaz na melhoria de qualidade e eliminação de defeitos (YADAV, 2016; ANDERSSON, 2006).

Conforme abordado por Bressan *et al.*, (2016), o método DMAIC aplicado a melhoria contínua provê um planejamento por etapas definidas que organizam toda a companhia de maneira que a mesma permaneça sempre em um nível de mercado competitivo. Manter os níveis de qualidade dos processos e produtos em um nível elevado, provê maior possibilidade de manter as demandas e conquistar novos clientes através de sua confiabilidade.

Também chamado Ciclo DMAIC, trata-se de um acrônimo para as palavras inglesas: *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*, que significam respectivamente: Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar. Cada termo desse significa uma etapa do método que estão relacionadas entre si (SOKOVIC, *et al.*, 2010; SIN, *et al.*, 2015).

O DMAIC também representa as etapas fundamentais para o desenvolvimento de qualquer projeto de *Six Sigma*, em especial no que compete a fase de definição, é o que afirma Rivera e Marovich (2001). A realização do trabalho direcionado por essas etapas, garante uma maior assertividade em relação a escolha dos projetos a serem priorizados, assim como a sua execução e os resultados obtidos.

### **2.2.1 Etapa definir (*Define*)**

O principal objetivo da etapa definir é trazer proporcionar clareza aos objetivos do projeto de melhoria, através da definição do problema a ser abordado, quais as metas a serem atingidas e os meios a serem adotados. Conforme apontado por Pande *et al.*, (2001), existem quatro perguntas críticas que precisam ser respondidas:

- Qual problema ou oportunidade na qual a organização vai focar?
- Qual é o objetivo da iniciativa? Ou seja, os resultados esperados e o prazo.
- Quem é o cliente desse problema e processo?
- Qual o processo a ser investigado e por quê?

### **2.2.2 Etapa medir (*Measure*)**

Nessa etapa são estipuladas as métricas para auxiliar no monitoramento do projeto em relação ao alcance das metas definidas na etapa anterior (PYZDEK, 2003).

A etapa medir representa o mapeamento da situação atual em relação ao problema ou

oportunidade, conforme aborda Adams *et al.*, (2003). É um conjunto de atividades que serve para confirmar qual é o problema antes de se iniciar a investigação das causas.

### **2.2.3 Etapa analisar (*Analyze*)**

O foco dessa etapa é conseguir identificar as causas-raiz dos problemas mapeados na etapa anterior. São buscadas formas de se eliminar as lacunas entre o estado atual do processo e o estado desejado, conforme aborda Garza-Reyes *et al.*, (2014).

Conforme aborda Taghizadegan (2006), algumas perguntas podem auxiliar na execução dessa etapa, são:

- Quais as causas que devem ser priorizadas para obter os resultados declarados?
- Quais as causas raízes que podem ser identificadas e comprovadas baseadas em dados e ferramentas estatísticas?

### **2.2.4 Etapa melhorar (*Improve*)**

Nessa fase são planejadas e implementadas ações de ajuste para o processo, de maneira a melhorar os índices de qualidade delimitados. Nessa etapa também é importante o desenvolvimento de pilotos e ações imediatas para validar algumas hipóteses (DE KONING e DE MAST, 2006).

Para auxiliar na execução dessa fase algumas perguntas podem ajudar a organizar os trabalhos, como:

- Quais as ações que contribuirão com as melhorias de qualidade dos indicadores escolhidos?
- Como validar as hipóteses das soluções estabelecidas a fim de garantir os objetivos?

### **2.2.5 Etapa controlar (*Control*)**

A etapa de controle é a última do método DMAIC, onde o foco é monitorar os resultados obtidos após as melhorias implementadas e definir controles que assegurem a sustentabilidade dos resultados no longo prazo.

Conforme Werkema (2013) aborda, nessa etapa além de monitorar o plano de ação e seus resultados, também é o momento para estabelecer critérios de controle, tais como checklists e métricas estatísticas, ao mesmo tempo que a busca pela melhoria contínua dos processos se torna uma prática continuada.

Perguntas para complementar o auxílio na execução dessa fase são:

- Quais foram as medidas controles estabelecidas para assegura a sustentabilidade das melhorias?
- Há a necessidade da criação e atualização de procedimentos e padrões?
- São necessários a realização de treinamentos dos colaboradores envolvidos no processo?

## 2.2.6 Ferramentas DMAIC

Certamente alcançar o nível de qualidade esperado para um processo não é um trabalho fácil, como aborda Ramos *et al.*, (2014), porém com o auxílio de um método, seguindo etapas estruturadas, as chances de êxito são maiores. Por esse motivo, é fundamental o conhecimento das ferramentas de monitoramento e controle para gerir um projeto com eficiência.

No DMAIC podem ser utilizadas uma série de ferramentas conforme a necessidade daqueles que estão aplicando o método e a métrica de negócio que deseja ser atendida, como pode ser visto abaixo na Figura 2.2, além de identificar parte das ferramentas que foram utilizadas neste trabalho, como: a VOC (Voz do Cliente), o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa.

Figura 2.2 - Ferramentas do Método DMAIC.



Fonte: ADAPTADO DE AHMED (2019)

### 2.3 DIAGRAMA SIPOC

A origem da ferramenta SIPOC pode estar relacionada à Edward Deming, um dos gurus da qualidade, e ao movimento propagado pelo mesmo conhecido como *Total Quality Management* – TQM (Gestão da Qualidade Total, em português) na década de 40, no qual um dos princípios é de que os processos são integrados sistemicamente (BROWN, 2019).

O termo SIPOC é um acrônimo para as palavras *Suppliers, Input, Process, Output and Customers* - em português Fornecedor, Entrada, Processo, Saída, Cliente, respectivamente - que concerne a uma ferramenta de representação visual, tipo diagramática, na qual são mapeados elementos críticos do processo e suas interações (PARKASH e KAUSHIK, 2011).

Conforme define Rasmusson (2006), o SIPOC é um mapeamento de processo alto nível, onde são considerados os processos os quais se tem a intenção de promover uma ação de melhoria. Isso quer dizer que nesse primeiro momento, deve ser evitado o alto detalhamento e sim focar nas interações entre os processos.

Na visão de Pugna *et al.*, (2016) o principal motivo para a criação de um diagrama SIPOC é fornecer uma orientação clara e consistente aos fabricantes, consumidores, quais os materiais necessários e a sequência de processos interligados para a produção do bem ou serviço. Uma representação simples do SIPOC pode ser vista no Quadro 2.1, devendo-se responder as seguintes questões em cada quadrante:

Quadro 2.1- Diagramação do SIPOC.

<b><i>Supplier</i></b> <b>(Fornecedor)</b>	<b><i>Input</i></b> <b>(Entrada)</b>	<b><i>Process</i></b> <b>(Processamento)</b>	<b><i>Output</i></b> <b>(Saída)</b>	<b><i>Customer</i></b> <b>(Cliente)</b>
Qual é o fornecedor que alimenta a entrada para o processo?	Qual item ou serviço deve ser processo na etapa seguinte?	Quais são as etapas passo a passo do processamento? Se necessário desenhar um fluxo.	Quais as entregas do que foi processado na etapa anterior?	Qual o cliente que receberá a saída?

Fonte: ADAPTADO DE KLUMBYTE *ET AL.* (2020)

### 2.4 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

De acordo com Yang e El-Haik (2008), o Diagrama de Ishikawa (em função do nome do criador da ferramenta) também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe (por conta da representação visual) é utilizado para classificar os diferentes fatores de influência (causas) que podem afetar uma operação que resulta em um problema

(efeito).

Conforme abordado por Ilie e Ciocoiu (2010), devido a essa intenção do Diagrama Espinha de Peixe, de fato pode ser categorizado como um diagrama de causa e efeito. Além disso, os diagramas de Ishikawa representam principalmente um modelo de apresentação sugestiva das correlações entre um evento (efeito) e suas múltiplas causas. Isso ajuda os membros da iniciativa a executar o trabalho de maneira mais sistemática e é efetivamente usado para identificar a causa raiz do problema (JAYSWAL *et al.*, 2011).

Já Paladini *et al.*, (2012) acrescenta que o objetivo do Diagrama de Ishikawa é fazer uma análise das etapas dos processos de produção. Ao evidenciar os efeitos negativos do processo, é possível trabalhar na mitigação ou eliminação a fim de promover melhorias nas métricas de qualidade e do negócio.

De uma maneira geral, o Diagrama de Ishikawa pode ser utilizado como uma representação visual do fenômeno que se busca investigar fatores de causa e efeito múltiplos e a maneira como esses fatores se relacionam, é o que aborda Ayverdia *et al.*, (2014) e Buyukdamgaci (2003).

Outro termo que pode ser referenciado o Diagrama de Ishikawa é de Diagrama 6Ms, em função das iniciais de cada categoria que cada causa pode estar relacionada. São elas:

- **Método** - deve ser analisada a forma como a tarefa foi executada. Se há um método padronizado e se foi devidamente seguido, a diferença pode influenciar o resultado final esperado de um processo.
- **Máquina** - nessa categoria se enquadram falhas gerais relacionadas ao maquinário. O equipamento está calibrado? Houve falha de determinado sensor, atuador ou algum componente elétrico? Mecânico? Perguntas como essa precisam ser respondidas.
- **Material** - deve ser analisado os materiais utilizados no processo. Verificar se a especificação está correta, o armazenamento do material foi apropriado e se suas características foram preservadas.
- **Mão de Obra** - nesse tipo de causa deve ser analisado o trabalho operacional das pessoas diretamente envolvidas na etapa de processamento.
- **Medida** - avaliar impactos provenientes de especificações mais voltadas às medições realizadas, seja uma medição manual ou automática. Avaliar, por exemplo, se os equipamentos estão com a calibração correta.

- **Meio Ambiente** - esse fator tem relação com as condições ambientais e como pode interferir no processo analisado. Fatores como temperatura, umidade, pressão, vento entre outros podem interferir no processo.

Na Figura 2.3 é possível ver uma representação de como o diagrama é normalmente ilustrado na literatura e também neste trabalho.



Fonte: CASTELANI *ET AL* (2019)

Além dessas seis categorias de causas, ainda é possível seccionar em famílias de causas para tornar o processo mais didático e detalhado, é o que aborda Campos (2014) e também poder ser visto no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Famílias de causas do Diagrama de Ishikawa.

<b>Matérias-primas</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Medidas</b>
fornecedor	manutenção	sistema de medição
especificação técnica	assistência técnica	equipamentos
qualidade	precisão	calibração
armazenagem	velocidade	
movimentação		
<b>Meio ambiente</b>	<b>Mão-de-obra</b>	<b>Método</b>
organização e limpeza	aspectos motivacionais	localização
iluminação	delegação	layout
ergonomia	polivalência	tempos e movimentos
insalubridade	treinamento	análise de processos
periculosidade		informações
temperatura / umidade		
ventilação		
ruídos		

Fonte: DANIELEWICZ (2006)

## 2.5 FERRAMENTA 5W2H

Como resposta ao trabalho de identificação da causa raiz de um problema ou efeito analisado, se faz necessário tomar ações para a eliminação da mesma. Dessa maneira, o método 5W2H tem como objetivo ser uma ferramenta facilitadora na implementação de ações corretivas e preventivas (PACAIOVA, 2015).

Segundo Veiga *et al.*, (2013) essa ferramenta compreende em um plano de ação para tarefas pré-definidas, além de atuar como um mapeamento dessas tarefas. Também tem como objetivo principal responder a sete perguntas e organizá-las. O formato mais comum de se encontrar a utilização dessa ferramenta é conforme o Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Modelo de ferramenta 5W2H.

5W					2H	
What? O QUÊ? (Ação a executar)	Who? QUEM? (Pessoa responsável)	When? QUANDO? (Tempo)	Where? ONDE? (Local)	Why? POR QUÊ? (Justificativa)	How? COMO? (Metodologia)	How Much? QUANTO? (Custo/investimento)

Fonte: ADAPTADO DE DE CASTRO *ET AL.*, (2019)

Dentro de cada uma dessas perguntas, várias outras questões podem ser feitas para melhor compreensão da função do 5W2H (GROSBELLI, 2014):

- **O quê:** Qual a atividade? Qual é o assunto? O que deve ser medido? Quais os resultados dessa atividade? Quais atividades são dependentes dela? Quais atividades são necessárias para o início da tarefa? Quais os insumos necessários?
- **Quem:** Quem conduz a operação? Qual a equipe responsável? Quem executará determinada atividade? Quem depende da execução da atividade? A atividade depende de quem para ser iniciada?
- **Onde:** Onde a operação será conduzida? Em que lugar? Onde a atividade será executada? Onde serão feitas as reuniões presenciais da equipe?
- **Por quê:** Por que a operação é necessária? Ela pode ser omitida? Por que a atividade é necessária? Por que a atividade não pode fundir-se com outra atividade? Por que A, B e C foram escolhidos para executar esta atividade?
- **Quando:** Quando será feito? Quando será o início da atividade? Quando será o término? Quando serão as reuniões presenciais?

- **Como:** Como conduzir a operação? De que maneira? Como a atividade será executada? Como acompanhar o desenvolvimento dessa atividade? Como A, B e C vão interagir para executar esta atividade? g) Quanto custa realizar a mudança? Quanto custa a operação atual? Qual é a relação custo / benefício? Quanto tempo está previsto para a atividade?

## 2.6 MATRIZ DE ESFORÇO X IMPACTO

A Matriz de Esforço x Impacto é uma ferramenta para que uma equipe de trabalho categorize causas identificadas de um problema, traçando uma relação do nível de impacto do problema em comparação ao esforço necessário para solucioná-las.

Conforme abordado por De Aguiar (2004), a Matriz é composta por quatro quadrantes, como pode ser visto nos tópicos abaixo e na Figura 2.4:

- No primeiro quadrante são categorizadas as causas que requerem um baixo esforço da empresa para a sua solução, mas que tem um alto impacto no problema.
- Já no segundo quadrante, são identificadas as causas que exigem um alto esforço pela companhia para a sua solução e que também terão um alto impacto no problema.
- O terceiro quadrante abrange as causas que requerem um baixo esforço por parte da empresa para a sua solução e ao mesmo tempo terá um baixo impacto no problema.
- Por fim, no quarto quadrante são categorizadas as causas que demandam um alto esforço por parte da organização para a sua solução, porém tem um baixo impacto no problema.

Figura 2.4 - Matriz Esforço x Impacto

MATRIZ		IMPACTO	
		Alto	Baixo
ESFORÇO	Pouco	1	3
	Muito	2	4

Fonte: DE AGUILAR (2004)

Com os conceitos abordados ao longo desse capítulo, há um mapeamento das metodologias e ferramentas necessárias para o desenvolvimento do estudo tendo como base principal a aplicação do método DMAIC, o qual será abordado a seguir no capítulo de Materiais e Métodos.

## CAPÍTULO 3

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAIS

O objeto de estudo desse trabalho foi centralmente a linha de produção de latas K-01 da empresa Latax Refrigerantes Ltda. Essa linha está ilustrada pela Figura 3.1, a qual é composta por diversos equipamentos que operam de maneira automatizada em conjunto e interligadas por diversas esteiras transportadoras como pode ser visto no desenho em duas dimensões com a vista superior. O início e o fim do processo estão sinalizados por balões em azul, sendo o começo do processo na estação de despalletização e o final na estação de envolvimento do pallet finalizado em plástico filme.

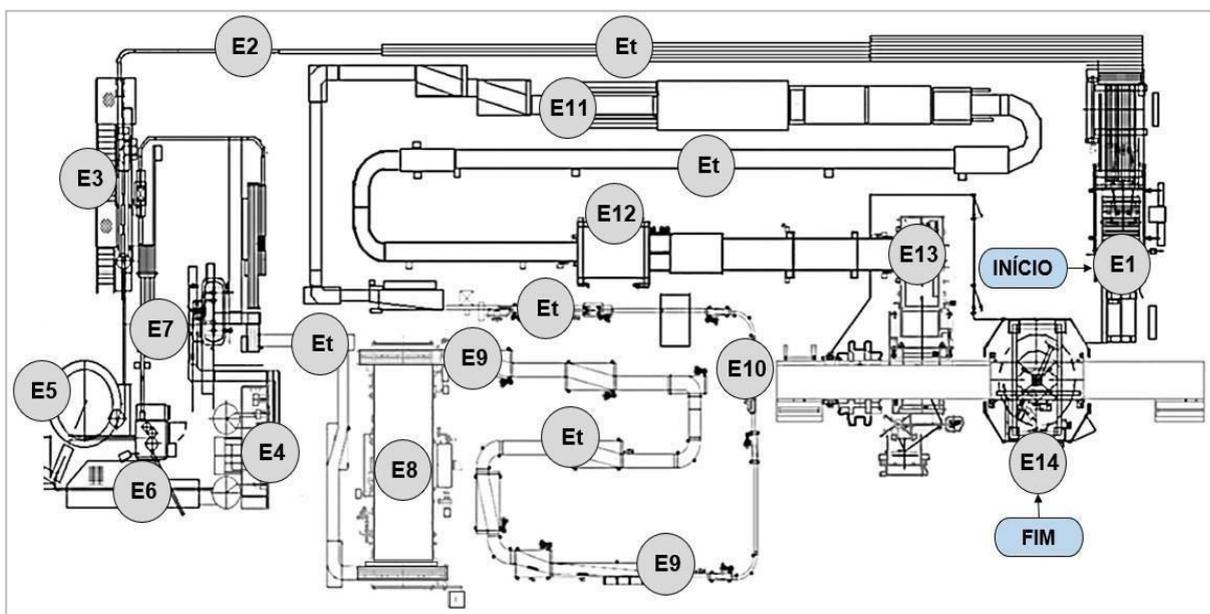
As identificações em formato de balão numeradas e as descrições desses principais equipamentos que compõe a linha de produção K-01 estão descritas no Quadro 3.1, a fim de apresentar algumas nomenclaturas que serão abordadas no desenvolver do trabalho bem como apresentar um aspecto geral das etapas do processo.

Já o funcionamento detalhado e a finalidade de cada equipamento devem ser abordados com maior profundidade no Capítulo 4, item 4.2.

Figura 3.1 - Layout de equipamentos da linha de produção K-01.

Identificação	Descrição do Equipamento / Máquina
E1	Despalletizadora
E2	Inspetor de Latas Pressco
E3	Lavadora de Latas - Rinser
E4	Proporcionador
E5	Máquina Enchedora
E6	Recravadora
E7	Inspetor de nível - Heuft
E8	Máquina Warmer
E9	Secadores
E10	Codificador de Latas
E11	Empacotadora
E12	Organizador de Caixas
E13	Palletizadora
E14	Máquina Envolvedora
Et15	Transportadores

Quadro 3.1 - Identificadores de máquinas e equipamentos da Linha K-01.



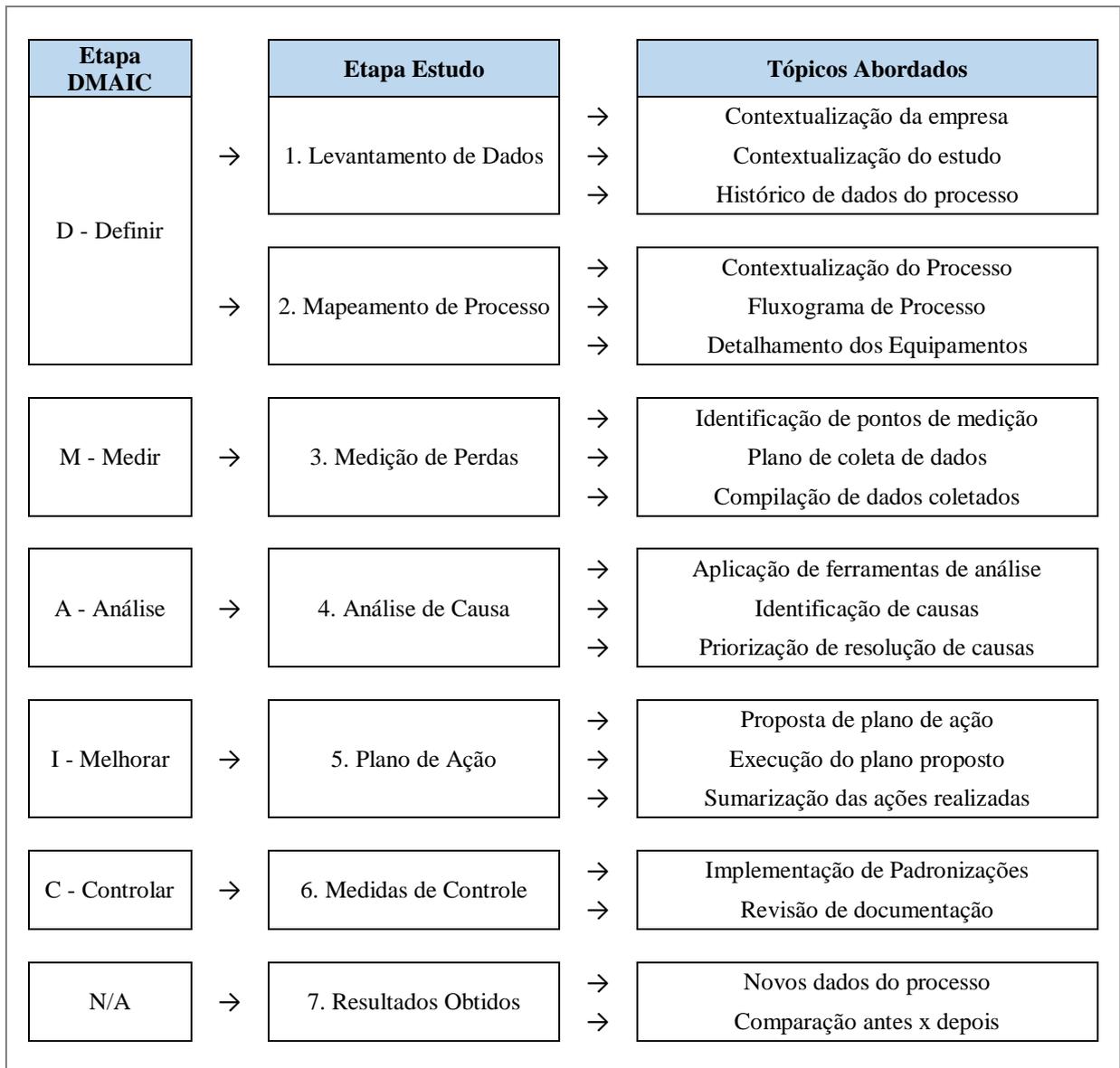
### 3.2 MÉTODOS

Para o atingimento dos objetivos propostos deste trabalho, o método de pesquisa utilizado foi um estudo de caso qualitativo e quantitativo. Esse método de pesquisa foi adotado devido a natureza desse trabalho que conforme Yin (2018) é pertinente a sua aplicação quando o foco do estudo se concentra em fenômenos observados na vida real e perguntas “como” e “por que” buscam ser respondidas.

O local de estudo deste trabalho foi no setor de industrialização da empresa Latax Refrigerantes Ltda, a qual trata-se de uma empresa do ramo de bebidas. O objeto de estudo foi no setor de envase de bebidas refrigerantes, mais especificamente na linha de produção de latas K-01.

Adotando o DMAIC como principal método para o desenvolvimento desse trabalho, que está diretamente integrado com a Metodologia Seis Sigma, o estudo foi dividido em 7 etapas principais utilizando ferramentas e seguindo etapas definidas para contemplar desde o levantamento de dados iniciais até a apresentação dos resultados obtidos. A visão macro dessas etapas pode ser vistas de maneira diagramática conforme ilustrado da Figura 3.2.

Figura 3.2 - Diagrama de etapas do estudo



### 3.2.1 Etapa I - Levantamento de Dados

Nessa etapa foram consultados indicadores e relatórios da empresa a fim de certificar a relevância do objeto de estudo e o impacto para a companhia. Essas informações foram obtidas através de relatórios de produção, relatórios de qualidade e consulta direta nas interfaces dos equipamentos produtivos estudados para a composição dos dados a serem estudados. Os dados iniciais são referentes ao período de janeiro-2020 a março-2022. Além disso também foi adotado observação direta dos processos de industrialização, entrevista com colaboradores que atuam diretamente na operação da linha de produção.

Nessa fase foram acessados os relatórios de volume de produção de latas referente ao período de setembro de 2020 a maio de 2021, detalhando os volumes de produção de cada modelo a fim de identificar os modelos com maior representatividade do volume total.

Também do mesmo período de setembro de 2020 a maio de 2021 foram consultados os relatórios de perdas no processo de fabricação, dessa maneira é possível identificar em quais modelos há a presença dessas perdas e sua relevância em relação ao volume total de fabricação.

### **3.2.2 Etapa II - Mapeamento de Processo**

Nessa fase do estudo é realizado uma contextualização do processo industriais a ser estudado em relação aos demais processos corporativos da companhia, a fim de explicitar o cenário em que o processo se encontra e ao mesmo tempo delimitar o objeto de estudo. Para auxiliar nessa etapa de contextualização, foram utilizadas as ferramentas de Diagrama de Serpente e o Diagrama SIPOC.

Em complemento a essa contextualização, é apresentando um fluxograma contemplando a todas as etapas do processo para uma melhor compreensão do início do processo, as etapas realizadas e sua ordenação até a conclusão do processo de industrialização.

Com o processo devidamente contextualizado, as etapas definidas e suas interações, foram abordados as principais máquinas e equipamentos que compõe a linha de produção em detalhes, descrevendo o seu funcionamento e sua importância no processo de industrialização alvo desse estudo.

### **3.2.3 Etapa III - Medição de Perdas**

Uma vez o processo compreendido em detalhes conforme desenvolvido na etapa 2, foi realizado um mapeamento de todos os pontos de perdas de latas no processo e atribuído uma identificação a cada um deles. No total, foram identificados 11 pontos de medição entre o início e o final da linha de produção.

Para esses pontos identificados, foi estabelecido um plano de medição de perdas onde foi contabilizado diariamente a quantidade de latas perdidas em cada um deles no período de 01 de julho à 31 de julho de 2021.

Após essa coleta e a consolidação dos dados, foi possível identificar os pontos onde se encontram as perdas mais representativas, o que posteriormente servirá como referência de quais pontos devem ser priorizados nas etapas de análise e implementação de ações.

### **3.2.4 Etapa IV: Análise de Causa**

Com os resultados obtidos da etapa 3, foi possível identificar quais os pontos de perdas monitorados durante o período de coleta de dados, possibilitando uma melhor delimitação dos pontos focais conforme a representatividade do volume total de perdas. Para isso, foram utilizadas as ferramentas muito eficazes para isolar os efeitos no processo e identificar as causas, que se tratam do Diagrama de Ishikawa e a ferramenta 5 Porquês.

Para maior aproveitamento do uso dessas ferramentas e precisão das informações, esse processo de análise foi realizado em conjunto com uma equipe multidisciplinar que interage de formas diferentes com o processo produtivo. Equipe essa composta para atuar tanto nessa etapa de análise quanto posteriormente no time de execução.

### **3.2.5 Etapa V: Plano de Ação**

Dada a identificação das causas na etapa 4, que resultam nos efeitos indesejados de perdas de latas no processo produtivo, e utilizando a ferramenta Matriz Impacto x Esforço foi possível mapear com a mesma equipe baseando-se tecnicamente o quanto seria necessário de esforço na ação para a eliminação e qual seria o impacto na diminuição das perdas.

Logo após a utilização da ferramenta Matriz Impacto x Esforço, foi estabelecido em conjunto com a equipe um plano de ação para eliminação das causas identificadas. O formato adotado para definir o plano de ação foi a ferramenta 5W2H, sendo atribuído às atividades conforme as causas associadas, bem como o prazo de execução, o responsável pela ação, o porquê e o como será desenvolvido, assim como os custos envolvidos para a implementação, se aplicável.

### **3.2.6 Etapa VI: Medidas de Controle**

Nessa etapa, após a identificação dos pontos de medição que demonstraram ter maior representatividade no indicador de perdas, foram estabelecidas novas rotinas com menor periodicidade de inspeção e monitoramento, a fim de manter a meta do processo sob controle.

Além disso outras documentações foram revisadas, como padrões de operação, roteiro de manutenção e Lições de Um Ponto – LUPs com o objetivo de reduzir a geração de defeito nesses pontos focais.

Por fim foram aplicados treinamentos aos colaboradores que interagem diretamente com o processo a fim de compartilhar o conhecimento obtido durante esse estudo, apresentar as mudanças necessárias na maneira de realizar operação e manutenção da linha e tornar melhoria implementada no processo sustentável.

### **3.2.7 Etapa VII: Resultados Obtidos**

Na última sessão do trabalho são apresentados dados anteriores e posteriores à implementação das ações, de maneira que seja possível comparar o comportamento dos índices sofrendo uma redução nas perdas, validando assim a eficácia da implementação das ações.

Além da abordagem dos índices em pontos percentuais em relação ao volume total de produção, também foi apresentado os impactos monetários da realização desse projeto, contribuindo positivamente no resultado das operações industriais desse processo.

## CAPÍTULO 4

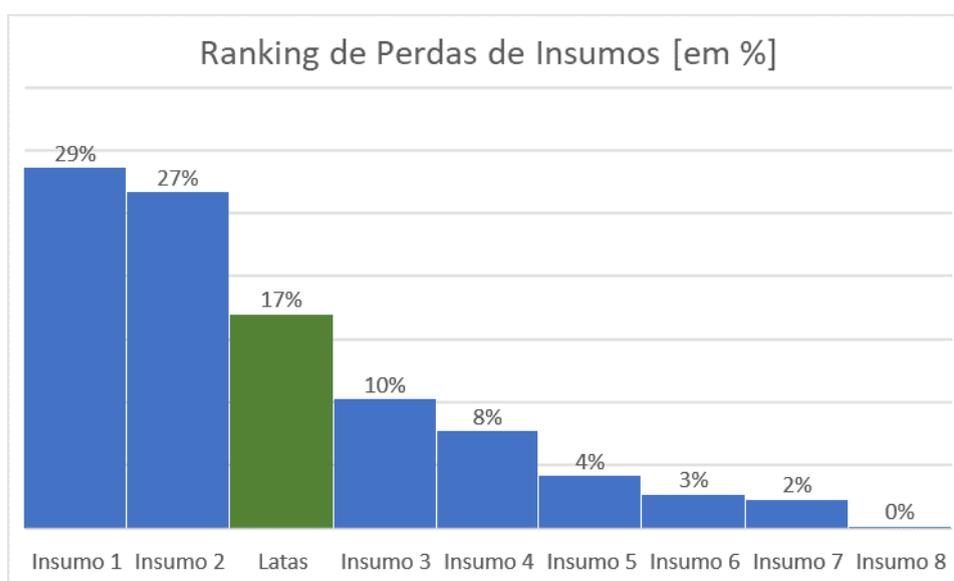
### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Anualmente a empresa Latax Refrigerantes Ltda. realiza um workshop de resultados com a alta gestão da companhia avaliando o último ciclo, onde são abordados resultados ligados a volumes de produção, vendas, investimentos para os próximos ciclos, perdas nos processos de fabricação e vários outros tópicos.

Ao analisar o aspecto de perdas no processo de industrialização, foi observado que a perdas de latas de alumínio no ciclo de 2019 e no primeiro semestre de 2020 ocupou a 3ª posição na lista de insumos que mais tiveram perdas. Como pode ser visto no gráfico da Figura 4.1. a perda de latas representou 17% do total de perdas no processo de industrialização.

Figura 4.1- Ranking de perda de insumos.

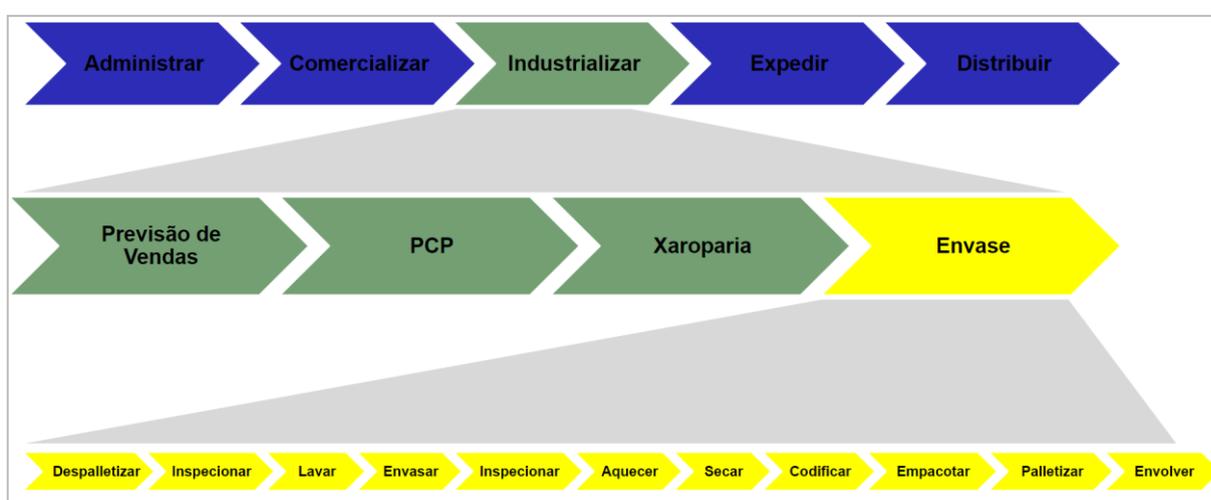


Com base nessa evidência, houveram encontros com a alta gestão com as equipes técnicas e operacionais para discussão das possibilidades de um projeto robusto a ser iniciado ainda no ciclo de 2020, focado na redução de perdas de latas de alumínio.

Diante desse cenário, foi idealizado e executado um projeto Seis Sigma pautado no método DMAIC por uma equipe multidisciplinar com o objetivo de redução de perdas de latas, que será abordado a partir desse ponto do trabalho.

A primeira ação realizada foi a aplicação de uma ferramenta chamada Diagrama de Serpente, que tem como objetivo compreender o contexto de determinada operação na estrutura da organização, identificar a etapa da operação no qual deseja-se analisar e delimitar os processos que serão alvo do estudo de melhorias. Essa abstração pode ser vista na Figura 4.2 onde observa-se no primeiro nível que o objeto de estudo está contextualizado na etapa de industrialização da empresa, mais especificamente no processo de Envase de bebidas. Já no último nível de abstração pode ser visto todos os processos produtivos relacionados ao Envase, iniciando na operação de Despalletizar e finalizando na etapa de envolver.

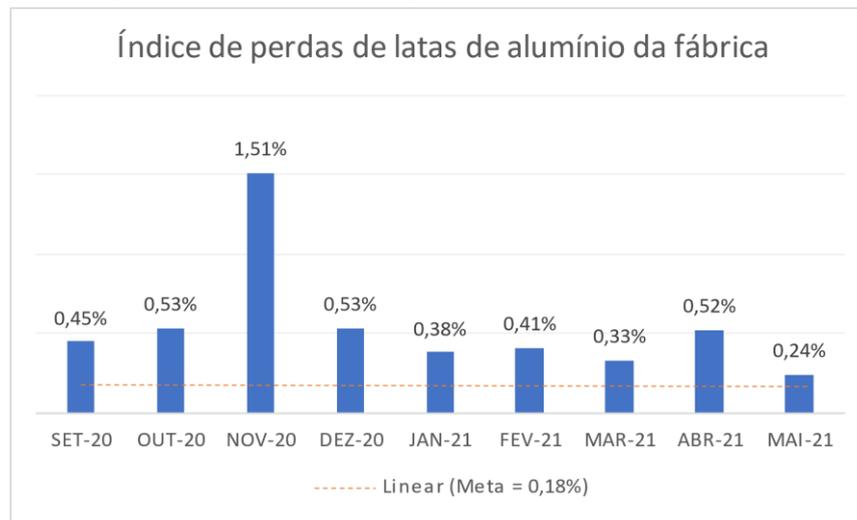
Figura 4.2 - Diagrama de Serpente do objeto de estudo.



O segundo passo a ser realizada foi um levantamento de dados iniciais, onde foi necessário adotar uma métrica de referência e um período de abrangência. A métrica escolhida foi o índice de perdas de latas em relação ao volume total de fabricação e o período escolhido foi de setembro de 2020 a maio de 2021.

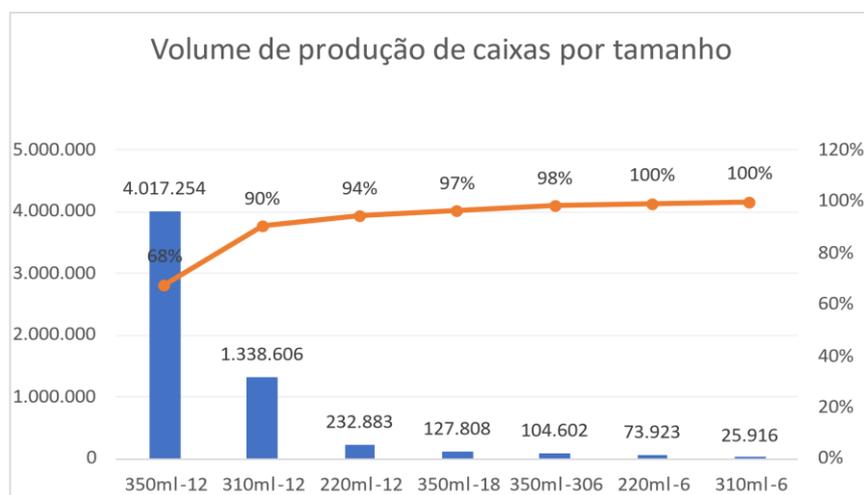
O resultado desse levantamento inicial pode ser visto no gráfico da Figura 4.3 observa-se que a média de perdas considerando os índices desses nove meses foi de 0,54%, onde o mês de novembro-2020 apresentou o maior índice (1,51%), o mês de maio-2021 apresentou o menor índice (0,24%) e os demais meses tiveram índices entre 0,30% e 0,50%. Outro ponto a ser observado que é todos os meses ultrapassaram a meta de perdas definida pela companhia que é de 0,18%, representada no gráfico pela linha tracejada em amarelo.

Figura 4.3 - Índice mensal de perdas de latas de alumínio.



Somando o volume de produção do mesmo período (setembro-2020 a maio 2021) em unidades de caixas (UC) produzidas, o valor obtido é de 5.929.991 unidades de caixas. Aplicando um Diagrama de Pareto, a fim de identificar quais tamanhos de latas são mais representativos, é observado que apenas dois tamanhos num total de sete diferentes representam 90% do volume total de produção. Os tamanhos que representam essa maioria são da lata de 350ml – 12 unidades e da lata de 310ml – 12 unidades, é o que ilustra o gráfico da Figura 4.4.

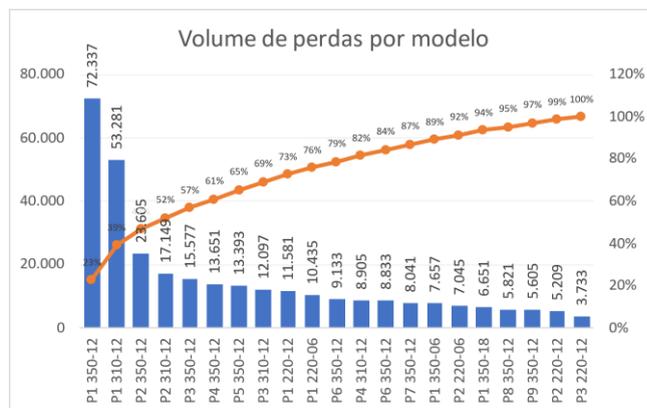
Figura 4.4: Volume de produção de caixas de latas conforme tamanhos.



Para concluir esse levantamento inicial de dados, foram consultados os volumes de perdas em unidades de latas de alumínio por modelo, novamente referente ao período de abrangência de setembro-2020 à maio-2021. É exatamente o que está ilustrado no gráfico da Figura 4.5, onde é possível novamente observar a representatividade dos produtos de 350 ml e 310ml caixas de 12 unidades que somados resultam em 84% do total das perdas medidas. Isso

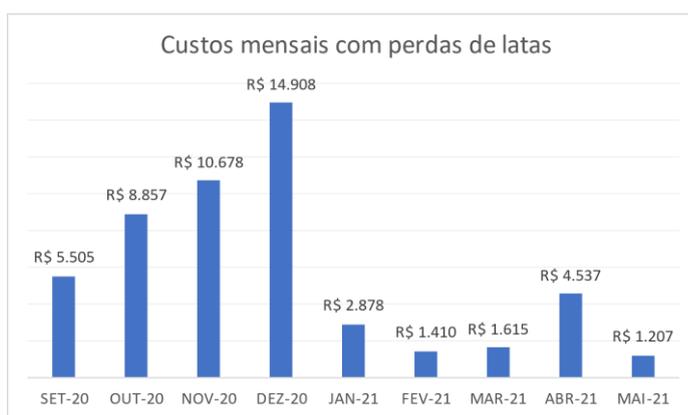
significa que no total de 319.739 unidades de latas de alumínio perdidas no período analisado, esses dois tamanhos de produtos somados tiveram 267.428 unidades perdidas.

Figura 4.5 - Volume de perda de latas por modelo.



Em complemento a esses dados, como não há a possibilidade de recuperação das latas perdidas no processo para reutilização, esse volume de latas de alumínio perdidas também representam um impacto financeiro para a companhia. Com o auxílio do departamento de Custos Industriais da empresa, foi visualizado as perdas não somente em unidades de lata, mas também em valores monetários. É o que pode ser visto no gráfico da Figura 4.6, onde somando o período analisado o desperdício totalizou R\$52.000, onde em dezembro-2020 houve o maior custo relacionado a esse desperdício e em maio-2021 o menor, em valores monetários R\$14.908e R\$1.207 respectivamente.

Figura 4.6 - Custos mensais com perdas de latas.



Para validar o levantamento de dados realizado e se certificar do benefício do estudo e as ações posteriores, foi utilizada nessa etapa de Definição para identificar as partes interessadas e suas necessidades a ferramenta VOC (Voice of the Customer). A partir de entrevistas diretas com clientes, foi possível identificar que a principal necessidade é atender o indicador de perdas

de latas, assim como foi possível definir requisitos válidos, que servirão como referência para o sucesso do projeto assim como quais os indicadores serão usados para monitorar o atingimento da meta, conforme mostrado na Tabela 4.1, encerrando assim essa etapa de levantamento inicial de dados.

Tabela 4.1 - Ferramenta VOC do projeto de perda de latas.

<b>VOC - Voice of Customer</b>				
<b>Projeto</b>	Redução de Perda de Latas de Alumínio			
<b>Cliente</b>	<b>CTQ - Critical to Quality (Crítico para Qualidade)</b>	<b>Necessidade</b>	<b>Requisito Válido</b>	<b>Indicador</b>
Gerente de Operações Industriais	Desperdício de latas	Atender o indicador de perda de latas	$\leq 0,18\%$	% perda de latas
Coordenador de Produção	Desperdício de latas	Atender o indicador de perda de latas	$\leq 0,18\%$	% perda de latas
Coordenador de Qualidade	Desperdício de latas	Atender o indicador de perda de latas	$\leq 0,18\%$	% perda de latas
Coordenador de Qualidade	Capacidade de Processo	Atender o Cpk de Conteúdo Líquido	$Cpk \geq 1,33$	Indicador Cpk

## 4.2 MAPEAMENTO DE PROCESSO

Uma vez os processos relacionados a operação de envase identificados no Diagrama de Serpente, foi utilizado o Diagrama SIPOC para explicitar o início e fim do processo de transformação e como todos os processos interagem entre si na relação fornecedor/cliente.

Como pode ser visto no Quadro 4.1, o processo inicia com o fornecedor Ball e Crown, que são fornecedores externos da companhia, responsáveis pelo abastecimento das latas e das tampas das latas na fábrica, respectivamente. Já no estágio que a Despalletizadora está posicionada no campo de fornecedor, é quando de fato se inicia o processo de transformação, em que há a inserção de latas vazias na linha de produção.

O processo produtivo segue pelos estágios seguintes, finalizando após passar pela Envolvedora que é quando o pallet é finalizado e armazenado no estoque para futura distribuição para os clientes.

Quadro 4.1 - Diagrama SIPOC do processo de latas.

S	I	P	O	C
Supplier (Fornecedor)	Input (Entrada)	Process (Processo)	Output (Saída)	Customer (Cliente)
Ball e Crown	Pallets de latas vazias	Armazenamento de latas	Entrega das latas	Almoxarifado
Almoxarifado	Entrega de pallets de latas vazias	Transferência de latas para a linha de produção	Entrega latas para a produção	Despalletizadora
Despalletizadora	Latas vazias	Despalletizar as camadas do pallet	Latas para o inspetor eletrônico prescco	Inspetor eletrônico prescco
Inspetor eletrônico prescco	Latas vazias	Inspecionar latas	Latas em conformidade	Rinser
Rinser	Latas vazias e inspecionadas	Lavar latas internamente	Latas lavadas	Enchedora
Enchedora	Latas limpas para envase	Enchimento de latas	Latas com bebidas	Recravadora
Recravadora	Latas cheias sem tampa	Recravar latas	Latas tampadas	Inspetor eletrônico de nível e de lata tampada
Inspetor eletrônico de nível e de lata tampada	Latas cheias com tampa	Inspecionar nível de enchimento	Latas cheias	Warmer
Warmer	Latas cheias	Aquecimento de bebida para temperatura ambiente	Latas em temperatura ambiente	Codificador
Codificador	Latas cheias	Codificar as latas	Latas codificadas	Empacotadora
Empacotadora	Latas cheias	Formar pacotes	Pacotes formados	Palletizadora
Palletizadora	Pacotes de latas	Formar camadas nos pallets	Pallets cheios	Envolvedora
Envolvedora	Pallet formado	Envolver o pallets em plástico	Pallets envolvidos em plástico	Estoque

Retomando o layout da linha de produção apresentado na Figura 3.1 e listado no Quadro 3.1, será abordado nos tópicos seguintes as máquinas e equipamentos que compõe a linha de produção e seu funcionamento.

#### 4.2.1 Despalletizadora

Essa máquina (Figura 4.7) é o início do processo de produção de latas. Com o auxílio de uma empilhadeira, o operador posiciona o pallet com as latas vazias trazidas do Almoxarifado na mesa de roletes. A partir daí a despalletizadora possui um mecanismo elevador no qual é responsável de posicionar as camadas de latas vazias no mesmo nível que seguirão para o transportador (Figura 4.8).

Figura 4.7 - Máquina despalletizadora.



Figura 4.8 - Transportador após despalletizadora.



#### 4.2.2 Inspetor de Latas Pressco

As latas vazias chegam nesse equipamento (Figura 4.9) através de transportadores, onde é feita uma inspeção em 100% das latas que seguirão na linha de produção. Nesse processo de inspeção são checados diferentes aspectos referentes a qualidade da lata (Figura 4.10) como: flange (parte onde será fixada a tampa da lata), o pescoço, as paredes (superior e inferior) e o fundo da lata.

Esse processo tem um papel fundamental na linha de produção, pois previne de latas com desvios de especificação vindas do fornecedor ou danificadas no transporte de seguir no processo e resultar em eventuais paradas de linha ou produção de defeitos.

Figura 4.9 - Inspetor de Latas Pressco.



Figura 4.10 - Tela de parâmetros do Inspetor de Latas Pressco.



### 4.2.3 Lavadora de Latas – Rinser

Nessa etapa do processo (Figura 4.11) é feito a lavagem das latas utilizando uma água fria tratada. O objetivo é assegurar a limpeza interna da lata para receber o conteúdo líquido (refrigerante) na máquina Enchedora e garantir um produto livre de sujidades e contaminantes para o consumidor final.

Figura 4.11 - Lavadora de Latas - Rinser.



#### 4.2.4 Proporcionador

O proporcionador (Figura 4.12) é a máquina responsável por receber o xarope, realizar a mistura do xarope com a água conforme a fórmula do produto e adicionar o gás carbônico. Com o preparo devidamente proporcionado, o líquido está pronto para seguir para o próximo processo (Enchedora) e demais etapas do Envase.

Figura 4.12 - Proporcionador.



#### 4.2.5 Máquina Enchedora

Após o refrigerante ser preparado no Proporcionador, a máquina Enchedora (Figura 4.13) recebe as latas vazias limpas e realiza o enchimento das mesmas através de um bico

dosador plástico (Figura 4.14) até o atingimento da especificação conforme o tamanho a ser envasado. No caso da linha K-01, objeto desse estudo, os tamanhos produzidos na linha alternam entre 220ml, 310ml e 350ml.

Figura 4.13 - Máquina Enchedora



Figura 4.14 - Bicos de enchimento da Máquina Enchedora



#### 4.2.6 Recravadora

Com a lata devidamente cheia com o líquido refrigerante, o próximo passo no processo é fazer a recravação da lata. A recravação consiste em posicionar as tampas da lata acima do corpo da lata através de um guia (Figura 4.15) e realizar a dobra das extremidades da tampa no flange da lata através de um dispositivo mecânico. Todo esse processo acontece na

Recravadora(Figura 4.16) e a partir desse ponto a lata de refrigerante está selada.

Figura 4.15 - Guia metálico de tampas da Recravadora



Figura 4.16 - Máquina Recravadora de latas.



#### 4.2.7 Inspetor de nível – Heuft

Após a inserção do líquido refrigerante na lata e sua recravação, é necessário garantir que o volume do líquido foi inserido dentro das especificações e que a recravação foi satisfatória. Essa etapa de qualidade é importante tanto para a empresa controlar a quantidade excessiva de líquido por lata a fim de evitar custos adicionais de produção, quanto para certificar que o consumidor final não está pagando pelo produto e recebendo um volume menor do que o informado no rótulo. O Heuft (Figura 4.17) inspeciona 100% das latas produzidas através de

um sistema análogo à um raio-x, onde é medido o líquido no interior da lata e comparado às especificações. Caso aprovado a lata segue o processo de fabricação, do contrário é segregado para posterior análise.

Figura 4.17 - Inspetor de nível - Heuft.



#### 4.2.8 Máquina Warmer

Após as latas de refrigerante devidamente seladas a qualidade do conteúdo assegurada, o próximo processo é a passagem dessas latas pelo Warmer (Figura 4.18). Essa etapa do processo tem como objetivo receber as latas recravadas, que nesse momento estão com sua temperatura de aproximadamente 3°C, e aplicar um banho com água aquecida através de esguichos dentro de uma cabine similar à uma estufa onde as latas saíam em temperatura ambiente, aproximadamente 30°C. Esse processo de troca de calor da lata é necessário para o posterior processo de embalagem e armazenamento.

Figura 4.18 - Máquina Warmer.



#### 4.2.9 Secadores

Após a passagem das latas pelo Warmer, antes de seguir para o processo de formação dos pacotes e palletização, é necessário que as tampas de todas as latas cheguem nesses processos secas, ou seja, sem a presença de gotículas de água na parte em que é feita a abertura da lata. Essa condição é necessária, pois caso a tampa não esteja devidamente seca o resultado será a formação de oxidação nessa parte da lata, fragilizando a resistência do metal a pressão, o que eventualmente irá causar a abertura involuntária da lata enquanto está armazenada.

Os equipamentos responsáveis para garantir a condição apropriada das latas são sopradores de ar chamados de Secadores (4.19) espalhados pelo transportador, que fazem o insuflamento de ar em todas as tampas e eliminação da presença de água. Após esse processo de secagem, as latas estão prontas para seguirem o processo de embalagem e palletização.

Figura 4.19 - Secadores de latas.



#### 4.2.10 Codificador de Latas

O processo de Codificação consiste na marcação individual das latas contendo as informações de lote de produção, data de validade do produto e outras informações de rastreabilidade. Esse processo é feito pelo Codificador (Figura 4.20) que funciona com sistema de jato de tinta (*Inkjet*) e realiza a aplicação no fundo da lata.

Figura 4.20 - Codificador de latas.



#### 4.2.11 Empacotadora

Nesse processo as latas são organizadas através de guias mecânicos (Figura 4.21) conforme a configuração necessária para o produto em produção. No caso da linha K-01, é possível a produção de caixas de 06, 08, 09, 12 e 18 latas por pacote. Com a máquina ajustada conforme a configuração do produto, a Empacotadora (Figura 4.22) realiza a passagem do filme plástico para envolver as latas, que posteriormente será aquecido por um forno com esteira com o objetivo de contrair o filme para manter os produtos firmes e finalizar a formação da caixa.

Figura 4.21 - Guias metálicos de latas da entrada da Empacotadora



Figura 4.22 - Máquina Empacotadora



#### 4.2.12 Organizador de Caixas

Antes de seguir para a palletização, é necessário que as caixas de latas vindas da Empacotadora sejam posicionadas lado a lado. Então o Organizador de Caixas (Figura 4.23) através de dispositivos pneumáticos faz essa função para preparar a disposição antes de seguir para o próximo processo.

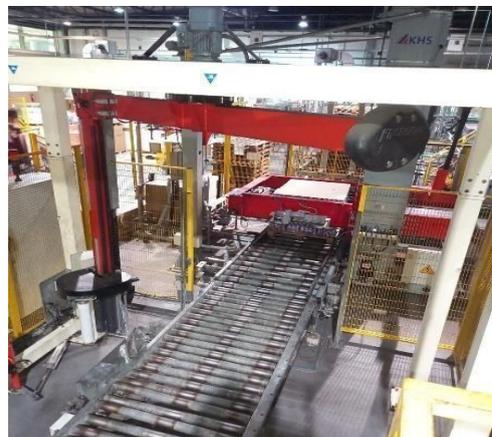
Figura 4.23 - Organizador de Caixas.



#### 4.2.13 Palletizadora

Com as caixas devidamente dispostas conforme o processo anterior (Organizador), a Palletizadora (Figura 4.24) agarra as caixas através de um dispositivo pneumático, posicionando no pallet. Através de um sistema elevador, a máquina consegue organizar camada a camada e finalizar a montagem do pallet e entregar para o último processo da linha que é a Envolvedora.

Figura 4.24 - Palletizadora.



#### 4.2.14 Máquina Envolvedora

Com o pallet devidamente montado, um sistema de roletes transporta o pallet até a Máquina Envolvedora (Figura 4.25) onde o processo consiste em utilizar uma bobina de filme plástico para envolver todo o pallet montado, da base do pallet até a última camada.

A importância desse processo é garantir que não haverá depósito de sujidades e insetos entre as camadas do pallet, bem como viabilizar o transporte do pallet montado sem que haja o tombamento de caixas entre a saída da linha de produção até a entrega no cliente.

Figura 4.25 - Máquina Envolvedora



#### 4.2.15 Transportadores

A presença dos transportadores estão ao longo de toda a linha de produção, do início até o fim, porém está sendo apresentado nesse momento apenas por motivos didáticos e organização. Na linha de produção K-01 existe uma variedade de transportadores que vão desde esteiras de borracha vulcanizada, transportadores a vácuo, sistema de taliscas e roletes motorizados.

A importância dessa modalidade de equipamentos é fazer o transporte de latas entre um processo e outro, fechar e abrir o leque de latas para quando é necessário uma passagem individual da lata (como por exemplo o Inspetor de nível – Heuft) e quando é necessário formar um lote de várias latas transportadas simultaneamente (como por exemplo do Warmer).

Ao longo desses transportadores existem também dispositivos que tem como objetivo fazer uma rotação de 360° nas latas em processo para adequar a orientação das mesmas conforme a necessidade do processo. Além disso os transportadores fazem essa logística dentro da linha de produção não apenas de latas vazias e cheias, mas também de caixas formadas e pallets completos, como pode ser visto na Figura 4.26

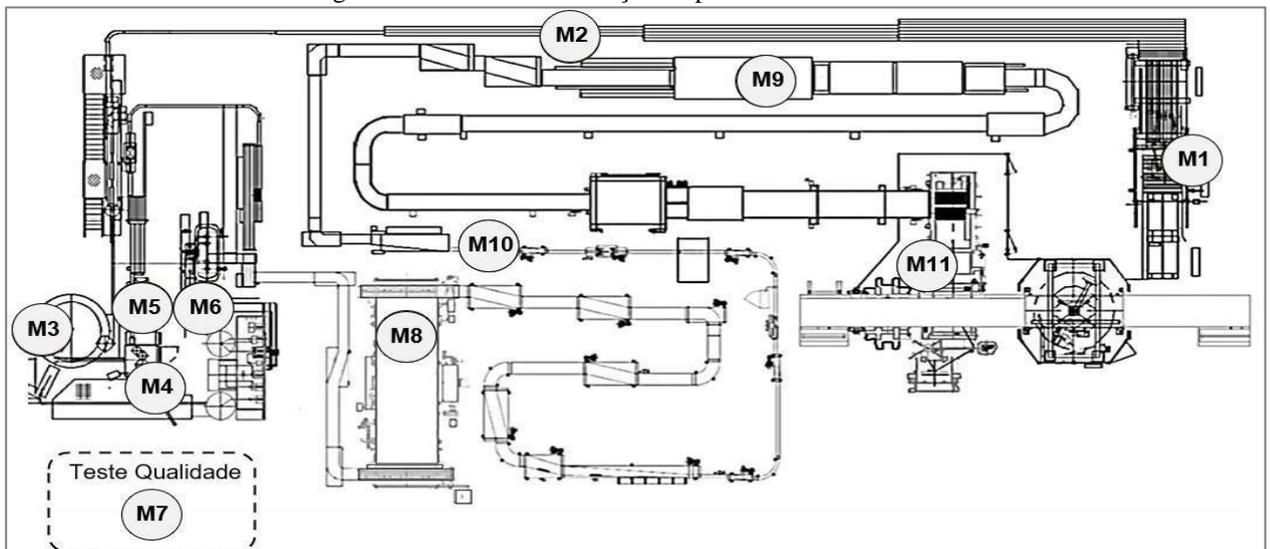
Figura 4.26 - Exemplos de Transportadores da linha K-01.



### 4.3 MEDIÇÃO DE PERDAS

Após o mapeamento total do processo, com o auxílio da equipe multidisciplinar do projeto foram identificados quais são os pontos na linha produção onde ocorrem as perdas de latas. Como isso, retornando no layout 2D da linha foram inseridas marcações para explicitar esses pontos de medição como pode ser visto na Figura 4.27 e no Quadro 4.2.

Figura 4.27 - Pontos de medição de perda na linha K-01.



Quadro 4.2 - Identificadores de pontos de perda da Linha K-01.

<b>Ponto de Medição</b>	<b>Descrição do Ponto de Perda</b>
M1	Despalletizadora
M2	Transportador Pneumático
M3	Máquina Enchedora
M4	Recravadora
M5	Inspetor de nível - Heuft
M6	Inspetor de Falso Rejeito
M7	Teste Destrutivo de Qualidade
M8	Máquina Warmer
M9	Empacotadora
M10	Transportador após Codificador
M11	Palletizadora

Com os pontos de medição de perdas identificadas, foi definido um plano de coleta de dados nesses pontos a ser realizado diariamente, após três turnos completos de produção ao longo de todo o mês de julho-2021. O objetivo dessa atividade de coleta de dados é identificar quais os pontos onde há um maior número de perdas, o que servirá posteriormente como referência para identificar as prioridades a serem trabalhadas. O plano de coleta contempla a forma de medição, os responsáveis por cada ação e pode ser visto na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Plano de coleta de dados dos pontos de perda.

Pontos de Coleta	Descrição das Variáveis	Forma de Medição	Onde será medido	Com que frequência	Responsável
M1	Perdas de Lata na Despaletizadora	Quantidade de Latas perdidas na Despaletização	Despaletizadora	01/07 a 31/07	Colaborador 1 e 2
M2	Perdas de Latasno TRP Pneumático	Quantidade de Latas perdidas na Recravação	Paletizadora	01/07 a 31/07	Colaborador 1 e 2
M3	Perdas de Latasna Enchedora	Quantidade de Latas perdidas por produção	Enchedora	01/07 a 31/07	Colaborador 3 e 4
M4	Perdas de Latasna Recravadora	Quantidade de Latas perdidas por produção	Recravadora	01/07 a 31/07	Colaborador 3 e 4
M5	Perdas de Latas no Inspetor Heuft por falso rejeito	Quantidade de latas perdidas por falso rejeito	Inspetor Heuft	01/07 a 31/07	Colaborador 5
M6	Expulsão de Segurança do Inspetor Heuft	Quantidade de latas expulsas (modo segurança)	Inspetor Heuft	01/07 a 31/07	Colaborador 3 e 4
M7	Análises destrutivas de A.Q ( Brix / CO2 )	Quantidade de amostras destruídas por produção	Laboratório	01/07 a 31/07	Colaborador 6
M8	Perdas de Latasno Warmer	Quantidade de Latas perdidas por produção	Warmer	01/07 a 31/07	Colaborador 7
M9	Perdas de Latasno forno SMI	Quantidade de Latas perdidas por produção	Paletizadora SMI	01/07 a 31/07	Colaborador 8
M10	Perdas de Latasno Trp. pós Codificador	Quantidade de Latas perdidas por produção	Paletizadora	01/07 a 31/07	Colaborador 9
M11	Perdas de Latasno Paletizador	Quantidade de Latas perdidas por produção	Paletizador	01/07 a 31/07	Colaborador 7

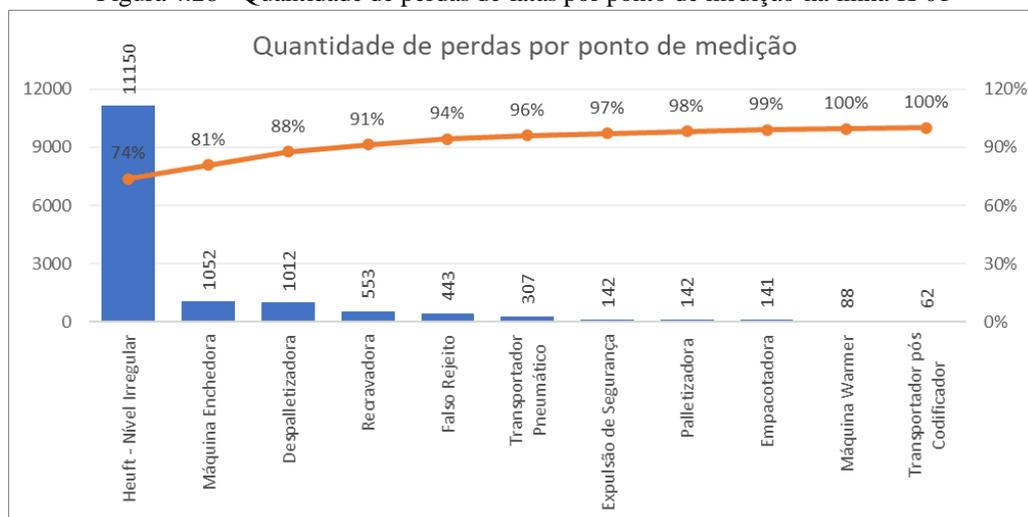
Após trinta dias de medições e compilação dos dados coletados, um Diagrama de Pareto foi montado. Dessa forma, foi possível identificar as principais causas de perdas de latas, bem como suas representatividades dentro do conjunto de amostras.

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 4.28, das onze diferentes causas de perdas de latas identificadas no processo da linha de produção de latas K-01, o volume de apenas três causas somadas representou cerca de 88% das causas de perdas de latas no processo. As causas foram:

- 1) Perdas de latas por nível irregular no Heuft, representando 74% das perdas medidas;
- 2) Perdas de lata na Enchedora, representando 7% das perdas medidas, e
- 3) Perdas de latas na Despaletizadora, representando 7% das perdas medidas.

Diante desse cenário, esses três principais pontos de perdas devem ser priorizados nas etapas de Análise seguindo o Método DMAIC e posterior tomada de ações para mitigar os impactos negativos.

Figura 4.28 - Quantidade de perdas de latas por ponto de medição na linha K-01



#### 4.4 ANÁLISE DE CAUSA

Após a compilação dos dados obtidos da fase de coleta de dados dos pontos de perdas de lata, foi possível identificar através do Diagrama de Pareto os três principais causadores desse efeito que somados representam quase 90% das latas perdidas no processo. Diante dessa avaliação, foi decidido que esses mesmos pontos fossem priorizados para seguir na fase de análise.

A ferramenta adotada para trabalhar na análise de causas sobre o efeito de perdas de lata foi o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito. Devido à proximidade e relação direta entre os processos, os pontos de perda definidos na Máquina Enchedora e do Inspetor de nível – Heuft foram abordados em conjunto, enquanto que o ponto de perda relacionado à Despalletizadora foi desenvolvido em um diagrama separado.

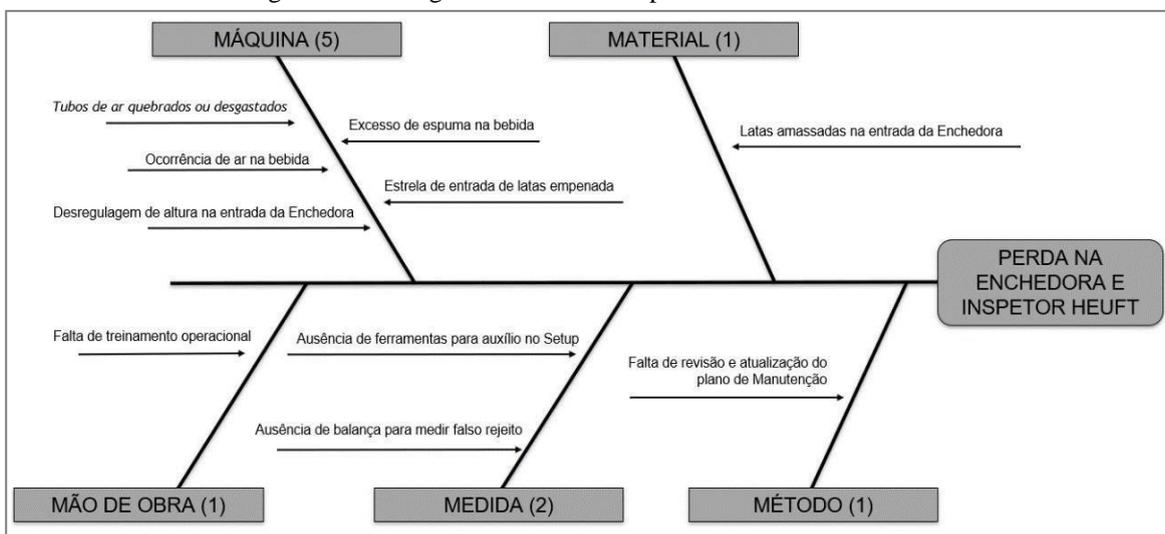
Importante ressaltar que o resultado obtido desse mapeamento de causas foi realizado pela mesma equipe multidisciplinar que atuou na definição de quais seriam os pontos de perda, garantindo assim a continuidade e coesão do trabalho, bem como diferentes perspectivas do processo produtivo.

Como pode ser observado no Diagrama de Ishikawa aplicado a Máquina Enchedora e o Inspetor Heuft (Figura 4.29), foram identificadas dez causas, sendo a maioria delas - cinco

causas - relacionadas ao fator Máquina. Componentes quebrados ou danificados como os tubos de ar e a estrela de entrada empenada da Enchedora são indicadores de desgaste natural de componentes mecânicos da máquina e uma frequência insuficiente de inspeção desses pontos importantes e a manutenção apropriada desses pontos.

Nos fatores Mão de Obra e Medida são mapeados dois fatores relacionados à interação humana que são a falta de treinamento operacional apropriado e ausência de ferramentas para setup. Já a única causa identificada no fator Material – latas amassadas na entrada – indica um insumo do processo que chegou até esse ponto da linha de produção não conforme, refletindo uma falha em algum dos processos anteriores em conter esse defeito.

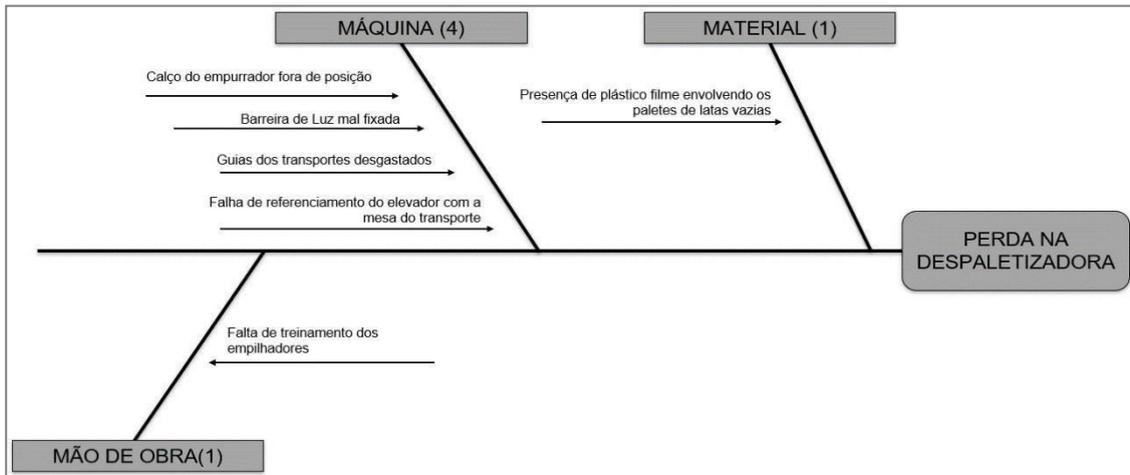
Figura 4.29 - Diagrama de Ishikawa aplicada à Enchedora e o Heuft.



Seguindo para aplicação do Ishikawa com a Despalletizadora (Figura 4.30) posicionada no efeito, o número de causas identificadas foi menor – seis causas – em comparação à análise de causa da Enchedora e Heuft, porém também muito concentrado no fator Máquina. Nesse fator são identificadas as causas: empurrador fora de posição, barreira de luz mal fixada e guias dos transportes desgastados. No fator Mão de Obra é mapeado a falta de treinamento dos operadores de empilhadeiras.

Fazendo uma análise da aplicação desses dois Diagramas de Ishikawa é possível notar dois aspectos comuns que são: a alta presença de causas no fator Máquina e o aparecimento em ambos de falta de treinamento operacional no fator Mão de Obra. Observar essas similaridades certamente serão refletidas nas ações a serem tomadas para prevenir o efeito desejado de perdas de lata no processo, como será demonstrado no próximo tópico desse estudo.

Figura 4.30 - Diagrama de Ishikawa aplicada à Despaletizadora.



#### 4.5 PLANO DE AÇÃO

Após a identificação das causas raízes através dos Diagramas de Ishikawa, as mesmas foram listadas no Quadro 4.3 e em seguida foi aplicada a ferramenta Matriz de Esforço X Impacto. O objetivo do uso dessa ferramenta é priorizar as ações direcionadas às causas identificadas, focando nos pontos que trarão mais resultados para o projeto.

O resultado da aplicação da matriz pode ser visto na Figura 4.31, onde com base na expertise da equipe foi possível observar duas causas que possuem baixo nível de esforço e baixo impacto e doze possuem baixo nível de esforço, mas representam um alto impacto em relação ao problema do processo analisado.

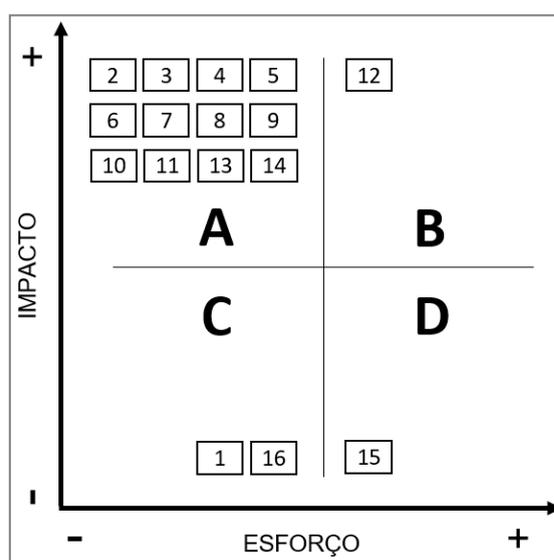
A partir dessa avaliação, para as duas causas do quadrante C (baixo esforço X baixo impacto) devem ser tomadas ações imediatas e para as causas do quadrante A (baixo esforço X alto impacto) e B (alto esforço X alto impacto) deve ser estabelecido um plano de ação. Ações relacionadas a causas do quadrante C (alto esforço x baixo impacto) não devem ser realizadas.

Quadro 4.3 - Lista de causas identificadas na fase de análise.

Nº	Causas Raiz
1	Tubos de ar quebrados ou desgastados
2	Ocorrência de ar na bebida na liberação de Linha
3	Desregulagem de altura na entrada da Enchedora
4	Excesso de espuma na bebida no início da Produção
5	Estrela de entrada de latas para Enchedora empenada
6	Calço do empurrador de camadas fora de posição
7	Barreira de Luz da mesa da Despaletizadora mal fixada
8	Guias dos transportes da Despaletizadora desgastados

9	Falha de referenciamento do elevador com a mesa do transporte
10	Latas amassadas na Entrada da Enchedora
11	Amassamento de latas vazias vindas do fornecedor
12	Falta de treinamento operacional
13	Ausência de ferramentas para auxílio no Setup
14	Ausência de balança para medir falso rejeito
15	Falta de revisão e atualização do plano de Manutenção
16	Identificação válvula da Enchedora / Heuft

Figura 4.31 - Matriz de Esforço X Impacto de causas raízes.



Para o estabelecimento plano de ação a ser implementado a ferramenta utilizada foi o checklist 5W2H, tanto para as ações identificadas como mais imediatas quanto para as que precisassem de mais recursos para a sua execução.

Na Tabela 4.3 pode ser visto o plano de ação para as causas mapeadas no quadrante C, cujas ações devem ter como prioridade a execução no menor tempo possível.

Tabela 4.3 - Plano de ação para causas do quadrante C.

Ações	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento
What?	Who?	When?	Where?	Why?	How?
Realizar pedido de confecção de novos tubos de ar para a Enchedora.	Colaborador 7	22/05/2021	Enchedora	Corrigir o problema de nível irregular	Confeccionar os novos tubos e completar os kits faltantes
Providenciar instalação de módulo de identificação de válvula com defeito	Colaborador 8	20/06/2021	nspetor Heuft	Corrigir o problema de nível irregular	Instalando o módulo de identificação de válvula

Para as ações em resposta as causas dos quadrantes A e B, pode ser visto em detalhes na Tabela 4.4, cujas ações requerem mais planejamento e recursos para serem executadas.

Tabela 4.4 - Plano de ação para causas do quadrante A e B.

<b>Ações</b>	<b>Responsável</b>	<b>Prazo</b>	<b>Local</b>	<b>Justificativa</b>	<b>Procedimento</b>
<b>What?</b>	<b>Who?</b>	<b>When?</b>	<b>Where?</b>	<b>Why?</b>	<b>How?</b>
Realizar pedido de confecção de novos tubos de ar para a Enchedora.	colaborador7	22/05/2021	Enchedora	Corrigir o problema de nível irregular	Confeccionar os novos tubos e completar os kits faltantes
Providenciar instalação de módulo de identificação de válvula com defeito	colaborador8	20/06/2021	Inspetor Heuft	Corrigir o problema de nível irregular	Instalando o módulo de identificação de válvula
Cotar e comprar mesa de entrada para enchedora	colaborador1	30/06/2021	Enchedora	Garantir produtividade e indicador de perda	Ajustando o equipamento
Realizar melhoriano tamanho do magazine de divisórias de papelão	colaborador5	13/07/2021	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Realizar cotação de kit de tubos de ar novos para a enchedora	colaborador7	10/08/2021	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Realizar teste com tubos em inox e avaliar viabilidade no processo	colaborador5	16/08/2021	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Realizar inspeção e acionamento do sensor de contagem de entrada de latas.	colaborador5	26/08/2021	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Revisar tempo de acionamento do empurrador do Heuft	colaborador6	29/08/2021	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Revisar condições mecânicas do empurrador do Heuft	colaborador5	29/08/2021	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças

Notificar o fornecedor quanto ao impacto no envolvimento dos pallets de lata com plástico.	Colaborador8	13/10/2021	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Realizar cotação para substituição das chapas do transporte pneumático	Colaborador8	13/10/2021	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Realizar inclusão de tubos de ar na lista de ressuprimento automático	Colaborador4	15/10/2021	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Realizar inspeção das condições do equipamento	Colaborador5	13/11/2021	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Criar padrão de conversão da enchedora	Colaborador3	20/11/2021	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Atualizar padrão de conversão da recravadora	Colaborador10	21/11/2021	Recravadora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Criar lição de um ponto (LUP) de troca de mandris de recravação	Colaborador10	21/11/2021	Recravadora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Revisar roteiro de inspeção dos mandris de recravação	Colaborador10	18/12/2021	Recravadora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Substituir a mesada de entrada da enchedora	Colaborador2	15/01/2022	Enchedora	Garantir a realização das atividades	Acompanhando as atividades
Substituir os roletes de transporte de entrada de pallets.	Colaborador2	17/01/2022	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Criar uma lição de um ponto (LUP) de temperatura do Warmer	Colaborador12	31/01/2022	Laboratório de Análises	Reduzir quantidade de análises destrutivas	Consultando literatura normativa e identificando oportunidades

Criar LUP detestes de recravação	Colaborador12	31/01/2022	Laboratório de Análises	Reduzir quantidade de análises destrutivas	Consultando literatura normativa e identificando oportunidades
Realizar levantamento de peças de ressuprimento da Enchedora / Válvulas	Colaborador3	17/02/2022	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Realizar inclusão dos itens listados como prioridade na lista de ressuprimento automático.	Colaborador4	30/02/2022	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Realizar levantamento de peças necessárias para melhoria do funcionamento do transporte	Colaborador5	15/02/2022	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Realizar substituição das guias dos transportes (entre Despalletizadora até o Rinser).	Colaborador5	16/02/2022	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Revisar plano de manutenção preventivo da recravadora	Colaborador1	18/02/2022	Recravadora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Cotar e comprar um termômetro digital	Colaborador11	18/02/2022	Laboratório de Análises	Reduzir quantidade de análises destrutivas	Consultando literatura normativa e identificando oportunidades
Realizar correção do programa que referência a altura do elevador de camadas	Colaborador6	18/02/2022	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Realizar compra e substituição das chapas empenadas	Colaborador1	18/02/2022	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Realizar estudo de melhoria nos ajustes do transporte pneumático até a entrada do rinser	Colaborador5	18/02/2022	Despalletizadora e Transportador pneumático	Garantir as condições básicas do equipamento e melhorias	Ajustando o equipamento
Criar um book de eventos de perdas por trecho da linha	Colaborador3	26/02/2022	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças

				básicas do equipamento	
Revisar plano de manutenção preventivo das válvulas de enchimento	orador8	09/03/2022	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Cotar e comprar ferramentas de auxílio nos setupse ajustes	orador9	09/03/2022	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Revisar roteiro de inspeção de válvulas	orador7	09/03/2022	Enchedora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças
Treinar operadores da linha no padrão de conversão	borador10	09/03/2022	Recravadora	Garantir a atualização dos padrões e condições básicas do equipamento	Criando e atualizando padrões e ressuprindo peças

Ao todo foram executadas 35 ações em resposta às causas raízes identificadas e priorizadas nos tópicos anteriores desse estudo. Todas essas ações foram executadas entre maio de 2020 e março de 2021, por uma equipe de 12 colaboradores de diferentes departamentos e funções.

#### 4.6 MEDIDAS DE CONTROLE

Para garantir a continuidade dos benefícios provenientes das ações implementadas, foram estabelecidas medidas de controle tanto nas práticas de monitoramento da qualidade do processo quanto procedimentos específicos em máquinas que compõem a linha de produção. As medidas adotadas foram:

##### ➤ **Maior frequência na medição de perdas**

- Como cerca de 90% das perdas se concentram em três máquinas da linha (Inspetor Heuft, Enchedora e Despalletizadora) foi estabelecido a medição semanal desses pontos de perda, para em caso de desvios possam ser feitas análise e tomadas de ação para correção.

##### ➤ **Criação de novas documentações**

- Foram criados três novos Padrões de Operação, Inspeção e Limpeza para a Recravadora.

- Feitos treze novos LUPs – Lições de Um Ponto para os pontos críticos mapeados na linha de produção.

➤ **Revisão de documentações**

- Foram revisados os Padrões de Operação, Lubrificação, Inspeção e Limpeza da máquina Enchedora e Despalletizadora.

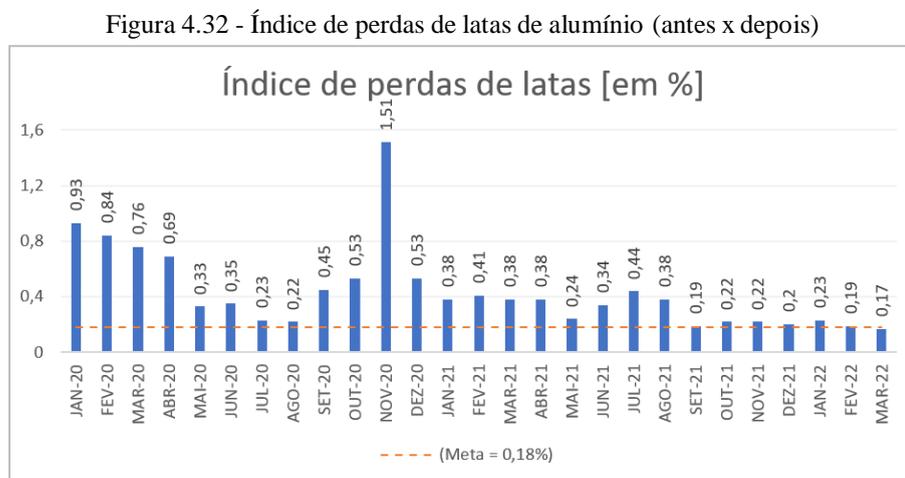
- Também foram revisados os Roteiros de Manutenção voltados para Operação da linha, que servem como complemento das manutenções mecânicas, elétricas e de utilidades.

➤ **Plano de Treinamento**

- Foi executado um plano de treinamento para os operadores da linha dos diferentes turnos, a fim de comunicar e esclarecer os pontos de ação e monitoramento definidos nas novas documentações e nas documentações revisadas.

#### 4.7 RESULTADOS OBTIDOS

Após a implantação das ações listadas anteriormente, foi possível mensurar os índices mensais de perda de latas comparando o período anterior às ações propostas - de janeiro de 2020 a abril de 2021 - e o período posterior às implantações - de maio de 2021 a março de 2022, conforme mostrado no gráfico da Figura 4.32.



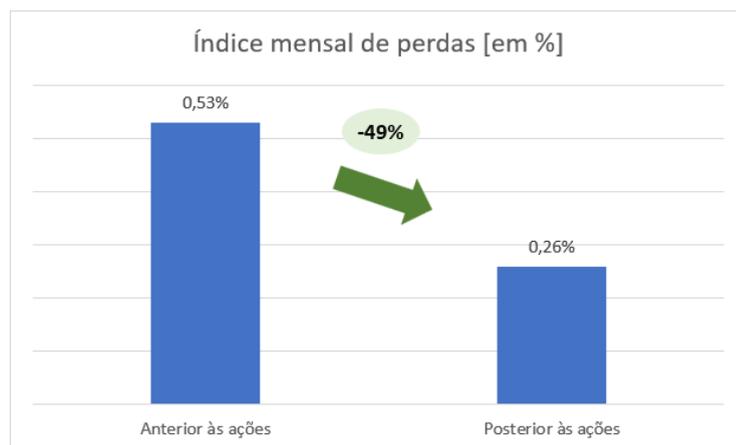
Como pode ser observado na Figura 4.32, logo após o início da execução das ações no mês de maio-2021, é possível notar uma redução em relação aos três meses anteriores de aproximadamente 0,14%. Nos três meses seguintes (junho, julho e agosto de 2021) há um aumento novamente nos índices, mas ao chegar o mês de setembro-2021 o índice permaneceu numa faixa entre 0,17% e 0,23%, o que historicamente foram os melhores resultados do processo.

O índice médio de perdas de janeiro de 2020 a abril de 2021 foi de 0,53% e após as

ações implementadas, no período de maio de 2021 a março de 2022, a perda média foi reduzida para 0,26%, ou seja, uma redução de 0,27% no índice mensal.

Considerando todo o amostral após a implementação das ações, conclui-se que houve uma redução no índice de perda de latas de 49% nos índices mensais, como mostra a Figura 4.33.

Figura 4.33 - Redução de perdas de latas de alumínio



## CAPÍTULO 5

---

### 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

#### 5.1 CONCLUSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de aplicar a metodologia *Six Sigma* e DMAIC para analisar as causas de perdas de latas em uma indústria de bebidas e implementar ações para redução dos índices de perdas.

Os dados iniciais da pesquisa foram levantados por meio de pesquisa documental para elaboração do estudo de caso, no qual foi possível mapear a condição do processo estudado anterior às ações, a fim de validar as hipóteses em relação a relevância do projeto assim como ter parâmetros de comparação para o período posterior as intervenções no processo alvo.

Em seguida foram colocadas à prova a efetividade das ferramentas *Six Sigma* e o Método DMAIC, em conjunto com outras ferramentas auxiliares, como o Diagrama SIPOC, Diagrama de Ishikawa e 5W2H, seguindo etapas estruturadas de diagnosticar as causas raízes dos problemas e aplicar ações para o atingimento dos objetivos do trabalho.

Por fim, foi possível medir a eficácia dos resultados obtidos através das intervenções no processo alvo, por mérito da implementação das 35 ações de melhorias identificadas e implementadas no decorrer do estudo. Foi evidenciado uma diminuição do índice de perdas de latas de aproximadamente 0,27% em relação à média do período de Janeiro de 2020 a Abril de 2021, período anterior à implementação das ações. Por conseguinte, o projeto obteve um resultado na redução do índice mensal de perdas de latas de 0,53% para 0,26%, representando uma melhoria de 49% em relação às perdas do processo.

Além dos aspectos de qualidade e custos para a empresa, a importância deste estudo também se dá pela difusão dos conhecimentos aplicados aos processos produtivos de um ramo industrial (a indústria de bebidas), permitindo que a aplicação dos métodos utilizados neste estudo impulse melhorias neste e em outros segmentos industriais.

Algumas dificuldades foram levantadas no decorrer do estudo, como o alto tempo necessário para as etapas de levantamento de dados e mapeamento do processo, inerentes à complexidade dos processos na referida empresa. Além disso as limitações deste estudo envolveram a desconsideração de outros pontos de perda de linha, a exemplo do processo de embalagem e palletização.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Como pode ser observado no gráfico da Figura 4.32, apesar da implementação das ações ter sido eficaz na redução do índice de perdas de latas na linha de produção, os últimos quatro meses do amostral medido - de dezembro de 2021 a março de 2022 – é notado que os índices ficaram muito próximos da meta estabelecida para companhia para esse indicador.
- Foram identificados um total de onze pontos de perdas de latas, porém por uma questão de escopo e priorização desenvolvido ao longo desse trabalho, foram trabalhados em cima de apenas três desses onze pontos.
- Portanto, como sugestão para trabalhos futuros pode ser recomendado a exploração desses 8 pontos geradores de perdas, de modo que a utilização de ferramentas para fins de análise de causa e efeitos, bem como ferramentas para implementação de ações, é possível que a redução de índice de perdas seja ainda maior, contribuindo diretamente com os resultados relacionados a qualidade e financeiro da companhia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, Cary W. *et al.*,. **Six Sigma deployment**. Betterworth Heinemann, 2003.
- AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma**. Minas Gerais/Nova Lima: INDG, 2006.
- ANDERSSON, Roy; ERIKSSON, Henrik; TORSTENSSON, Håkan. Similarities and differences between TQM, *Six Sigma* and lean. **The TQM magazine**, 2006.
- AHMED, Selim. Integrating DMAIC approach of Lean *Six Sigma* and theory of constraintstoward quality improvement in healthcare. **Reviews on environmental health**, v. 34, n. 4,p. 427-434, 2019.
- AYVERDI, Leyla; NAKIBOĞLU, Canan; AYDIN, Serap ÖZ. Usage of graphic organizers in science and tecnology lessons. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 116, p. 4264-4269, 2014.BARRETO, Rafael. Análise dos fatores de mudança pelo Lean Seis Sigma. Santos: Universidade Católica de Santos, 2010.
- BISGAARD, Søren; FREIESLEBEN, Johannes. *Six Sigma* and the bottom line. **Quality progress**, v. 37, n. 9, p. 57, 2004.
- BRESSAN, M. B. et. al. Aperfeiçoamento do processo produtivo de uma padaria no município de Marabá-PA: lean seis sigma na gestão da qualidade. **XXXVI Encontro nacional de engenharia de produção**. João Pessoa, PB, Brasil, 03 a 06 de outubro, 2016.
- BROWN, Charlie. Why and how to employ the SIPOC model. **Journal of business continuity & emergency planning**, v. 12, n. 3, p. 198-210, 2019.
- BUYUKDAMGACI, Güldal. Process of organizational problem definition: how to evaluateand how to improve. **Omega**, v. 31, n. 4, p. 327-338, 2003.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC-Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. Falconi Editora, 2014.
- CASTELANI, Danilo Garcia *et al.*,. Aplicações De Conceitos e Ferramentas de Gestão da Qualidade em uma Empresa de Análises Clínicas: Estudo de Caso. **Crear-Revista das Engenharias**, v. 2, n. 1, 2019.
- CERVIERI JÚNIOR, Osmar. Panoramas setoriais 2030: bebidas. In: **Panoramas setoriais2030: desafios e oportunidades para o Brasil**. Rio de Janeiro : Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017. p. [69]-78.
- CHAKRABARTY, Ayon; TAN, Kay Chuan. The current state of *Six Sigma* application inservices. **Managing service quality: An international journal**, v. 17, n. 2, p. 194-208, 2007.
- DANIELEWICZ, Marcio *et al.*,. Procedimentos para rastreabilidade das não-conformidades no processo produtivo. 2006.

DE AGUILAR, Renato Soares. Adequação de um sistema de picking no armazém de produtos acabados de uma empresa de produtos elétricos. 2004.

DE CASTRO, Livia Terezinha Soares; DOS REIS BARBOSA, Livia Maria; DE VASCONCELOS, Bruno da Silva. Gestão na suinocultura: um conceito holístico. **Pubvet**, v. 14, p. 138, 2019.

DE KONING, Henk; DE MAST, Jeroen. A rational reconstruction of Six- Sigma's breakthrough cookbook. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 2006.

FLIFEL, Abdalhkeim FA; ZAKIĆ, Nebojša; TORNJANSKI, Aleksandra. Identification and selection of *Six Sigma* projects. **Journal of process management and new technologies**, v. 5, n. 2, 2017.

FORMÁNEK, Ivo. *SIX SIGMA METHOD AND ITS APPLICATIONS*. **VŠPP Entrepreneurship studies**, p. 46.

GARZA-REYES, Jose Arturo *et al.*,. Lean and green–synergies, differences, limitations, and the need for *Six Sigma*. In: **IFIP international conference on advances in productionmanagement systems**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.

GOH, T. N.; XIE, M. Improving on the *Six Sigma* paradigm. **The TQM Magazine**, 2004.

GREEN, Forrest B. Six-Sigma and the revival of TQM. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 17, n. 10, p. 1281-1286, 2006.

GROSBELLI, Andressa Carla. **Proposta de melhoria contínua em um almoxarifado utilizando a ferramenta 5W2H**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GRUNERT, Klaus G. Food quality and safety: consumer perception and demand. **European review of agricultural economics**, v. 32, n. 3, p. 369-391, 2005.

HARRY, Mikel J.; SCHROEDER, Richard. ***Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations***. A CURRENCY Book, published by doubleday, a division of Random House Inc, 2000.

ILIE, Gheorghe; CIOCOIU, Carmen Nadia. Application of fishbone diagram to determine the risk of an event with multiple causes. **Management research and practice**, v. 2, n. 1, p. 1-20, 2010.

JAYSWAL, Abhishek *et al.*,. A sustainability root cause analysis methodology and its application. **Computers & chemical engineering**, v. 35, n. 12, p. 2786-2798, 2011.

KLUMBYTE, Egle; BLIUDZIUS, Raimondas; FOIKADES, Paris. A SIPOC based model for the sustainable management of facilities in social housing. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012081.

LEI, Gang *et al.*,. Six-sigma robust topology and shape optimization for flux switching permanent magnet machines. In: **2015 IEEE International Conference on Applied**

- Superconductivity and Electromagnetic Devices (ASEMD)**. IEEE, 2015. p. 122-123.
- MARSHALL JUNIOR, Isnard. **Gestão da qualidade**. 9 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2008.
- MCADAM, Rodney; EVANS, Alison. Challenges to *Six Sigma* in a high technology mass- manufacturing environments. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 15, n. 5-6, p. 699-706, 2004.
- MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to statistical quality control**. John Wiley & Sons, 2020.
- MOOSA, Kamran; SAJID, Ali. Critical analysis of *Six Sigma* implementation. **Total Quality Management**, v. 21, n. 7, p. 745-759, 2010.
- OSTERROTH, Isabel *et al.*,. Operational state related modelling and simulation of the electrical power demand of beverage bottling plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 587-600, 2017.
- PACAIOVA, Hana. Analysis and identification of nonconforming products by 5W2H method. **Center for Quality**, 2015.
- PADOVANI, Cristina Blanco; ROTONDARO, Roberto. Inovação em parceria com o cliente: desenvolvimento conjunto entre o cliente e o fornecedor de um software para a indústria têxtil. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 1, p. 47, 2010.
- PALADINI, Edson Pacheco *et al.*,. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Campus, 2012.
- PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. Estratégia Seis Sigma. Rio de Janeiro, **Qualitymark**, 2001.
- PARKASH, S.; KAUSHIK, Veerender Kumar. SUPPLIER PERFORMANCE MONITORING AND IMPROVEMENT (SPMI) THROUGH SIPOC ANALYSIS AND PDCA MODEL TO THE ISO 9001 QMS IN SPORTS GOODS MANUFACTURING INDUSTRY. **LogForum**, v. 7, n. 4, 2011.
- PUGNA, Adrian; NEGREA, Romeo; MICLEA, Serban. Using *Six Sigma* methodology to improve the assembly process in an automotive company. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 221, 2016.
- PYZDEK, Thomas. Uma ferramenta em busca do defeito zero. **HSM Management**, v. 38, n. 3, p. 1-7, 2003.
- RAMOS, F. V. *et al.*,. Gestão de projetos através do DMAIC. **XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de outubro, 2014.
- RASMUSSEN, David. **SIPOC picture book: A visual guide to SIPOC/DMAIC relationship**. Oriell Incorporated, 2006.
- RIVERA, Angel; MAROVICH, Joe. Use of *Six Sigma* to optimize cordis sales administration and order and revenue management process. In: **Proceeding of the 2001**

Winter Simulation Conference (Cat. No. 01CH37304). IEEE, 2001. p. 1252-1258.

TAGHIZADEGAN, Salman. Introduction to Essentials of Lean *Six Sigma* Strategies: **Lean Six Sigma: Six Sigma Quality with Lean Speed** in Essentials of Lean *Six Sigma*, ed Burlington: Butterworth-Heinemann, 2006.

SCHROEDER, Roger G. *et al.*,. *Six Sigma*: Definition and underlying theory. **Journal of operations Management**, v. 26, n. 4, p. 536-554, 2008.

SIN, Ang Boon *et al.*,. Structural equation modelling on knowledge creation in *Six Sigma* DMAIC project and its impact on organizational performance. **International Journal of Production Economics**, v. 168, p. 105-117, 2015.

SOKOVIC, Mirko; PAVLETIC, Dusko; PIPAN, K. Kern. Quality improvement methodologies–PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of achievements in materials and manufacturing engineering**, v. 43, n. 1, p. 476-483, 2010.

TEIXEIRA JÚNIOR, Job Rodrigues; CERVIERI JÚNIOR, Osmar; GALINARI, Rangel. **Panorama setorial 2015-2018: bebidas**. In: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil). *Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais*. Rio de Janeiro : Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014.p. [39]-45.

VEIGA, Raquel Sassaro *et al.*,. Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate. **Revista ADMPG**, v. 6, n. 1, 2013.

VIRMANI, Naveen; HUSSAIN, M. Z. Understanding the Need of *Six Sigma* in Manufacturing Industries: A Review. 2018.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. 2. Ed. Rio de Janeiro:Elsevier, 2012.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e Demaic e Suas Ferramentas Analíticas**. Elsevier Brasil, 2013.

YADAV, Amit; SUKHWANI, V. K. Quality improvement by using *Six Sigma* DMAIC in an industry. **International Journal of Current Engineering and Technology**, v. 6, n. 6, p. 41-46, 2016.

YANG, Kai; EL-HAIK, Basem S. **Design for Six Sigma: a roadmap for product development**. McGraw-Hill Education, 2008.

YIN, Robert K. *et al.*,. Case study research and applications: Design and methods. **Los Angeles, UK: Sage**, 2018.