



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS CURSO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

WILLIAN IRAI SOARES DA SILVA

**CONTROLE DE QUALIDADE DO DESPERDÍCIO DE GARRAFAS PET EM UMA
INDÚSTRIA DE ÁGUA MINERAL DE GRANDE PORTE DO RIO GRANDE DO NORTE**

ANGICOS / RN
2024

WILLIAN IRAI SOARES DA SILVA

**CONTROLE DE QUALIDADE DO DESPERDÍCIO DE GARRAFAS PET EM UMA
INDÚSTRIA DE ÁGUA MINERAL DE GRANDE PORTE DO RIO GRANDE DO NORTE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do
Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. André Luiz Sena da Rocha

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS586 SILVA, WILLIAN IRAI SOARES DA .
c CONTROLE DE QUALIDADE DO DESPERDÍCIO DE
GARRAFAS PET EM UMA INDÚSTRIA DE ÁGUA MINERAL DE
GRANDE PORTE DO RIO GRANDE DO NORTE / WILLIAN
IRAI SOARES DA SILVA. - 2024.
61 f. : il.

Orientador: André Luiz Sena da Rocha.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
Produção, 2024.

1. Controle Estatístico de Qualidade. 2.
Gráfico da Fração Não-Conforme. 3. Diagrama de
Pareto. 4. Diagrama de Causa e Efeito. 5.
Desperdício de Garrafas PET. I. Rocha, André Luiz
Sena da , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universid

WILLIAN IRAI SOARES DA SILVA

**CONTROLE DE QUALIDADE DO DESPERDÍCIO DE GARRAFAS PET EM UMA
INDÚSTRIA DE ÁGUA MINERAL DE GRANDE PORTE DO RIO GRANDE DO NORTE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. André Luiz Sena da Rocha

Defendida em: 09/ 04 / 2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ANDRÉ LUIZ SENA DA ROCHA**
Data: 19/04/2024 17:02:48-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

André Luiz Sena da Rocha, Me. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **BRUNA CARVALHO DA SILVA**
Data: 20/04/2024 19:17:05-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Bruna Carvalho da Silva, Me. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **LUCAS AMBROSIO BEZERRA DE OLIVEIRA**
Data: 20/04/2024 16:06:32-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Lucas Ambrósio Bezerra de Oliveira, Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por mais uma conquista, por me conceder saúde, força, coragem e determinação para enfrentar os desafios ao longo deste caminho acadêmico.

Agradeço a Nossa Senhora, a quem recorri em momentos de dificuldade, pois sempre intercedeu por mim junto a Deus, me dando esperança nos momentos mais difíceis.

Agradeço imensamente aos meus pais, Francisco e Ana, por me dar a vida e por todo o amor, apoio e sacrifícios que fizeram por mim. À minha irmã, Ana Caroline, expresso meu profundo respeito e admiração. Também quero expressar minha gratidão ao meu avô, cujo apoio e orientação foram fundamentais neste processo.

Agradeço ao meu orientador, Prof. André Rocha que teve toda atenção, paciência e compreensão para me orientar na conclusão desta pesquisa. Sou imensamente grato por ter tido a oportunidade de contar com sua orientação e experiência ao longo deste processo.

Agradeço à Banca Examinadora, composta por Bruna Carvalho da Silva e Lucas Ambrósio Bezerra de Oliveira, pelas contribuições para este trabalho. Agradeço também por terem disponibilizado parte do seu tempo para avaliá-lo. Suas sugestões foram essenciais para o aprimoramento da pesquisa.

Agradeço à UFERSA por ter proporcionado um ambiente propício ao meu crescimento pessoal e profissional. Sou grato pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento que a instituição me ofereceu.

Agradeço imensamente a todos os meus amigos pelo apoio contínuo, pela compreensão e pela ajuda durante este período.

Agradeço a Empresa estudada por ter contribuído com as informações para a pesquisa.

“Os que não querem ser vencidos pela
verdade, serão vencidos pelo erro.”

Santo Agostinho de Hipona

RESUMO

As organizações buscam a melhoria contínua dos seus processos para que a fabricação dos seus produtos seja de qualidade. Uma forma que as empresas usam para tornar seus produtos melhores e alinhar eficiência com eficácia são as ferramentas da qualidade, que ajudam a identificar os problemas para entender suas causas e encontrar soluções para corrigir e controlar as operações que apresentam falhas e variações no processo. O controle estatístico da qualidade (CEQ) dispõe de ferramentas que auxiliam as organizações a entender e melhorar suas operações, utilizando métodos estatísticos para melhorar a qualidade dos processos. Essas ferramentas são usadas para medir e analisar o comportamento das atividades realizadas e garantir que a organização alcance seus objetivos. As embalagens de garrafas PET, são produtos que precisam ter uma qualidade significativa, pois vão armazenar água para o consumo das pessoas, devem ser resistentes e de ótima qualidade. A fabricação de garrafas PET, é uma operação que necessita de muita atenção e exige a aplicação do controle da qualidade por ser um produto do ramo alimentício. Neste estudo, procurou-se identificar os diferentes tipos e causas do desperdício das embalagens PET de 500ml, durante os processos de sopro, rotulagem, envase e empacotamento na linha de produção de uma empresa que comercializa água adicionada de sais localizada no Rio Grande do Norte. A coleta de dados ocorreu na empresa, onde as amostras relacionadas ao desperdício de garrafas PET foram pontuadas em uma tabela e aplicadas no gráfico da fração não-conforme. As causas especiais foram retiradas e colocadas em outra tabela com o ranking dos principais defeitos. Desse ranking foi gerado o diagrama de Pareto, com os defeitos que mais se repetem. Dentre esses defeitos para os três principais, que somados são responsáveis por 81,8% dos erros, foi criado um diagrama de causa e efeito para cada um. Através do diagrama de causa e efeito, foi possível ver o problema e as suas possíveis causas. Dessa forma, foi possível apresentar proposições de melhorias para a empresa, onde foi proposto fazer manutenção preventiva nas máquinas, implementar um controle de qualidade eficiente, monitorar o feedback dos clientes, contratar um profissional especializado da área e realizar uma análise sobre a qualidade da pré-forma. Para trabalhos futuros é importante realizar uma análise das embalagens PET de 1,5L e dos garrafões de 20L, realizar um estudo da área de engenharia econômica, incluir um estudo sobre a ergonomia dos colaboradores e realizar uma análise mais detalhada sobre a utilização das máquinas.

Palavras-Chave: Controle Estatístico de Qualidade. Gráfico da Fração Não-Conforme. Diagrama de Pareto. Diagrama de Causa e Efeito. Desperdício de Garrafas PET.

ABSTRACT

Organizations seek continuous improvement of their processes so that their products are manufactured with quality. One way that companies use to make their products better and align efficiency with effectiveness are quality tools, which help identify problems to understand their causes and find solutions to correct and control operations that present failures and variations in the process. Statistical quality control (CEQ) provides tools that help organizations understand and improve their operations, using statistical methods to improve the quality of processes. Statistical quality control (CEQ) provides tools that help organizations understand and improve their operations, using statistical methods to improve the quality of processes. These tools are used to measure and analyze the behavior of activities carried out and ensure that the organization achieves its objectives. PET bottle packaging is a product that needs to have a significant quality, as it will store water for people to consume, it must be resistant and of excellent quality. The manufacture of PET bottles is an operation that requires a lot of attention and requires the application of quality control as it is a food product. In this study, we sought to identify the different types and causes of waste of 500ml PET packaging, during the blowing, labeling, filling and packaging processes in the production line of a company that sells water with added salts located in Rio Grande do Norte. Data collection took place at the company, where samples related to the waste of PET bottles were scored in a table and applied to the non-conforming fraction graph. The special causes were removed and placed in another table with the ranking of the main defects. From this ranking, the Pareto diagram was generated, with the defects that are most repeated. Among these defects for the three main ones, which together are responsible for 81.8% of errors, a cause and effect diagram was created for each one. Through the cause and effect diagram, it was possible to see the problem and its possible causes. In this way, it was possible to present improvement proposals for the company, where it was proposed to carry out preventive maintenance on the machines, implement efficient quality control, monitor customer feedback, hire a specialized professional in the area and carry out an analysis of the quality of the pre-processing. -form. For future work, it is important to carry out an analysis of 1.5L PET packaging and 20L bottles, carry out a study in the area of economic engineering, include a study on employee ergonomics and carry out a more detailed analysis on the use of machines.

Keywords: Statistical Quality Control. Nonconforming Fraction Graph. Pareto diagram. Cause and Effect Diagram. Waste of PET Bottles.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	1
	1.1 Contextualização do Tema	1
	1.2. Problema	3
	1.3 Objetivos	4
	1.3.1 Objetivo Geral	4
	1.3.2 Objetivos Específicos	4
	1.4. Justificativa	5
	1.5 Estrutura do Trabalho	6
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
	2.1 Qualidade e sua evolução	7
	2.2 Controle Estatístico da Qualidade	9
	2.3 Gráficos de Controle por atributos e por variáveis	10
	2.4 Gráfico de controle da fração não-conforme <i>p</i>	12
	2.5 Diagrama de causa e efeito	14
	2.6 Diagrama de Pareto	16
3.	METODOLOGIA.....	18
	3.1 Classificação da pesquisa	18
	3.2 Caracterização da empresa	19
	3.3 Variável analisada e Coleta de dados	22
	3.4 <i>Softwares</i> utilizados.....	23
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	25
	4.1 Processo de produção	25
	4.2 Gráfico de Controle <i>p</i>	31
	4.3 Análise das causas especiais.....	38
	4.3.1 Máquina de Sopro	39
	4.3.2 Máquina de Envase	41
	4.3.3 Máquina de Rótulo	42
	4.4 Proposição de melhorias.....	43

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
------------------------------------	-----------

REFERÊNCIAS

1. INTRODUÇÃO

Este Capítulo tem por finalidade proporcionar uma breve contextualização do assunto abordado. Nesta seção, será apresentada uma visão geral sobre a condução da pesquisa ao longo do trabalho. Dessa forma, observa-se como empreendimentos que vendem água envasada são abundantes no Brasil, no Nordeste e em especial, no Rio Grande do Norte, onde a competitividade entre essas empresas incentiva um aprimoramento do controle de qualidade dos seus produtos. Além disso, empresas da indústria de água mineral envasada e de água adicionada de sais, enfrentam o desafio de tentar ao máximo reduzir impactos causados pelos resíduos plásticos das embalagens descartáveis. O grande esforço é para minimizar o desperdício e atender à expectativa de diversos clientes, entregando um produto de qualidade.

1.1 Contextualização do Tema

Para crescer e alcançar sucesso, as empresas em todos os tempos, se decidem por adotarem medidas que tendem a mantê-las consideravelmente competitivas no mercado. Assim, conseguem atender a satisfação dos clientes para continuar operando com sucesso (SELEME & STADLER, 2012).

De acordo com Martins (2010), o processo de controle da qualidade é considerado como o primeiro processo a ser reconhecido como parte integrante ou disciplina específica da gestão da qualidade e que sempre esteve presente em nossa vida cotidiana. O autor destaca que na prática é possível para qualquer sujeito, conseguir aplicar essa técnica da qualidade, antes de decidir se vai adquirir ou não, um produto ou serviço, examinando se está de acordo com seus próprios padrões.

Por via de regra, no ponto de vista de outros autores que trabalham com a temática de Gestão da Qualidade, atribuem uma complexidade muito grande em definir exatamente um significado preciso para a qualidade. A ideia é que a qualidade é multifacetada e varia de acordo com o ponto de vista das pessoas e das situações envolvidas, uma vez que diferentes partes interessadas podem ter expectativas e exigências diferentes (TOLEDO et al., 2012).

Do mesmo modo que é necessário ter controle da qualidade para produtos e serviços, é igualmente importante para as empresas garantir o tratamento de água para o consumo das pessoas. Assim, é possível garantir a segurança do consumidor para promover uma melhor qualidade de vida da comunidade.

Para atingir o padrão de qualidade, a produção de água precisa passar por procedimentos que garantam o seu tratamento de forma adequada e autorizada pelos órgãos competentes que certificam a segurança em todas as etapas do processo. Todos os regulamentos, normas, leis, exigências entre outros, estão dentro de padrões e normas que informam todo o trajeto a ser percorrido (HOWER et al., 2016).

A água é essencial para vida e o seu uso é indispensável, porque possibilita satisfazer as necessidades do nosso cotidiano. A água pode carregar substâncias que a tornam tóxica, sendo assim, de acordo com a forma de como ela é utilizada, são fornecidas informações apropriadas para uma determinada quantidade e qualidade para seu uso específico (BITTENCOURT & PAULA, 2014).

Segundo Da Silva et al., (2022) o Brasil é um país que tem uma boa estrutura para produzir água envasada desde o processo de produção até a entrega do produto final. Portanto é responsabilidade das entidades autorizadas para esse serviço, que se mantenham sempre em alerta com os produtos, porque dessa forma é possível entregar um bem dentro das especificações e padrões de higiene obrigatórios.

Especificamente, o Nordeste e o Sudeste são regiões que retiram grande quantidade de água subterrânea. Essas regiões também são conhecidas por fabricarem na indústria, água para consumo e bebidas em altos volumes, produzem mais que outras regiões (ASSIRATI, 2022).

Ainda segundo Assirati (2022), empreendimentos do Norte e Nordeste, têm cerca de 86% da água mineral envasada, originalmente em fontes com poços profundos, em busca de uma opção mais viável e com maior qualidade e disponibilidade de água.

Segundo uma pesquisa realizada pela Abinam (2023), existem aproximadamente 2.000 pequenas empresas distribuidoras de água mineral, operando em várias áreas do estado do Rio Grande do Norte. Essas empresas fornecem água mineral diretamente aos consumidores finais, ao mesmo tempo em que impulsionam toda a cadeia produtiva da indústria de água mineral local.

A indústria de águas minerais no estado experimentou um notável aumento de 24% em seu faturamento, comparando os anos de 2021 e 2022. Os números saltaram de R\$60 milhões para R\$74 milhões. Curiosamente, os microempreendedores têm uma participação significativa nesse montante, contribuindo com cerca de um terço do valor total, ou seja, aproximadamente R\$24,5 milhões (ABINAM, 2023).

Em suma, a finalidade deste trabalho consiste em aplicar o controle estatístico da qualidade para minimizar o desperdício na confecção de embalagens PET, em uma empresa

responsável pela produção de água adicionada de sais para o consumo humano, localizada no município de Assú, Rio Grande do Norte.

1.2. Problema

O cenário competitivo das empresas e as demandas cada vez mais exigentes dos consumidores levam as organizações a reconhecerem a importância de executar bem os seus processos. Atendendo os clientes com produtos que satisfaçam seus interesses, eliminando desperdícios que geram custos, aperfeiçoando suas atividades na produção. (LOUZADA et al., 2013).

Empresas do ramo alimentício reconhecem a importância de se investir mais no controle da qualidade dos seus serviços e produtos, para minimizar ao máximo o desperdício e manter o foco em melhorias. No contexto da produção de garrafas PET, é essencial aplicar o controle estatístico da qualidade para garantir a conformidade dos produtos, confiança dos consumidores e o crescimento da empresa.

A empresa estudada caracteriza-se por ser do ramo alimentício, comercializando água adicionada de sais com diversos tamanhos (500ml; 1,5L e 20L). Foi observado na sua produção, que a maior parte do desperdício da garrafa PET na empresa era causada pelas máquinas que fabricam a embalagem PET que irá armazenar a água adicionada de sais, ocorrendo assim, gargalos no processo de produção da empresa.

As garrafas PET, passavam pelas máquinas do sopro, rotulagem, envase, tampadora, impressora e empacotadora. Também eram monitorados diariamente os garrafões de 20L, que em sua maior parte se perdiam por vencimento e quebra. Também foi registrado perda de garrafas por defeitos, engasgadas e amassadas.

Foi constatado que a maioria das garrafas PET de 500ml produzidas com defeitos na empresa são coletadas, colocadas em sacos e depositadas no lixo. Como as garrafas PET descartadas não são reaproveitadas pela empresa, isso representa uma perda significativa de embalagens. Algumas garrafas ainda com água que sobraram apresentando defeitos menores (sem rótulo, amassadas, impressão defeituosa), mas não podem ser comercializadas, são levadas para cozinha, onde são reaproveitadas, sendo doadas para os caminhoneiros tomar água na viagem.

A cada ano, a quantidade de resíduos produzidos pela população brasileira tem crescido constantemente em relação à quantidade gerada por pessoa, como por todos em geral. (ABRAMOVAY; SPERANZA; PETITGAND, 2013).

A Agência Brasil, publicou uma pesquisa da Abrelpe intitulada “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022”, com dados referentes a quantidade de resíduos plásticos gerados nas áreas urbanas do país, chegando a atingir 13,7 milhões de toneladas no mesmo ano, o que representa uma média de 64 quilos por indivíduo ao longo do período (AGÊNCIA BRASIL, 2023).

Dessa forma, com a presença do descarte inadequado de resíduos plásticos, o impacto no meio ambiente é notável, porque todo esse lixo atinge os oceanos resultando na perda de vida de inúmeros animais e prejudicando os seres humanos, transformando várias áreas aquáticas em habitats inabaláveis (BAIA et al., 2020).

Ainda segundo dados da pesquisa publicada pela Agência Brasil, aproximadamente 22 milhões de resíduos sólidos são jogados no globo terrestre todo ano (AGÊNCIA BRASIL, 2023).

Portanto, este trabalho procura responder o seguinte problema de pesquisa: **Como minimizar o desperdício de garrafas PET de 500ml produzidas em uma empresa de água mineral do RN por meio do controle estatístico de qualidade?**

1.3 Objetivos

O presente trabalho será desenvolvido no intuito de alcançar os seguintes objetivos:

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo sobre o desperdício de garrafas PET de 500ml, em uma empresa alimentícia do Rio Grande do Norte, por meio do controle estatístico da qualidade, a fim de reduzir o percentual de desperdício dos produtos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Averiguar se a fração não-conforme das garrafas PET de 500ml está sob controle estatístico, por meio do gráfico p ;
- Diagnosticar as causas especiais, caso o processo esteja fora de controle estatístico;
- Construir um Diagrama de Pareto para elencar o ranking das causas especiais de maior ocorrência no processo produtivo da empresa;
- Elaborar um diagrama de causa e efeito para as três principais causas especiais;

- Sugerir melhorias nos processos de produção para que se possa minimizar o desperdício das garrafas PET de 500 ml no processo de produção.

1.4. Justificativa

A indústria de água mineral envasada desempenha um papel muito importante na região do Vale do Assú (RN), por trazer benefícios significativos, tais como geração de renda e emprego para a comunidade local. Nessa região, tem-se uma abundância de fontes naturais de excelente qualidade, inclusive existe um número expressivo de empresas que trabalham nesse ramo.

Fundada na região Nordeste do Brasil, a empresa estudada atende às necessidades da indústria no setor de água mineral, buscando alternativas para entregar o melhor produto no mercado. Para o presente trabalho, será aplicado o controle estatístico da qualidade, fazendo uso do gráfico de Pareto e do gráfico de controle “*p*” da fração não conforme, com o objetivo de estudar e verificar se o processo de produção na linha de embalagem dos descartáveis está sob controle estatístico.

Essas ferramentas da qualidade permitem detectar de forma precisa as variações do processo, mostrando os motivos do problema de desperdício de garrafas PET, enfrentado pela empresa do ramo industrial de água mineral. As ferramentas da qualidade desempenham um papel fundamental no aprimoramento dos processos. A sua utilização é de extrema importância para identificar falhas e corrigi-las, melhorando a eficiência operacional (SELEME & STADLER, 2012).

De acordo com Ramos et al., (2013), o gráfico de Pareto identifica os tipos de causas especiais, apresentando a priorização de dados na ordem do maior para o menor, para priorizar os defeitos mais graves do momento.

“Uma das vantagens de trabalhar com o gráfico de *p* é que sua linha central, que corresponde à proporção média de não conformes do processo, informa diretamente o nível de qualidade do processo (quanto menor o valor da linha central, melhor o nível de qualidade)” (COSTA et al., 2012, p. 214).

Portanto, esse presente trabalho se justifica por analisar e propor soluções para o desafio enfrentado pela empresa, na busca de controlar o desperdício de garrafas PET de 500ml. Espera-se que as sugestões propostas neste trabalho possam contribuir para o aumento da eficiência

operacional e redução dos custos com o desperdício, garantindo assim o crescimento sustentável e a satisfação dos clientes.

1.5 Estrutura do Trabalho

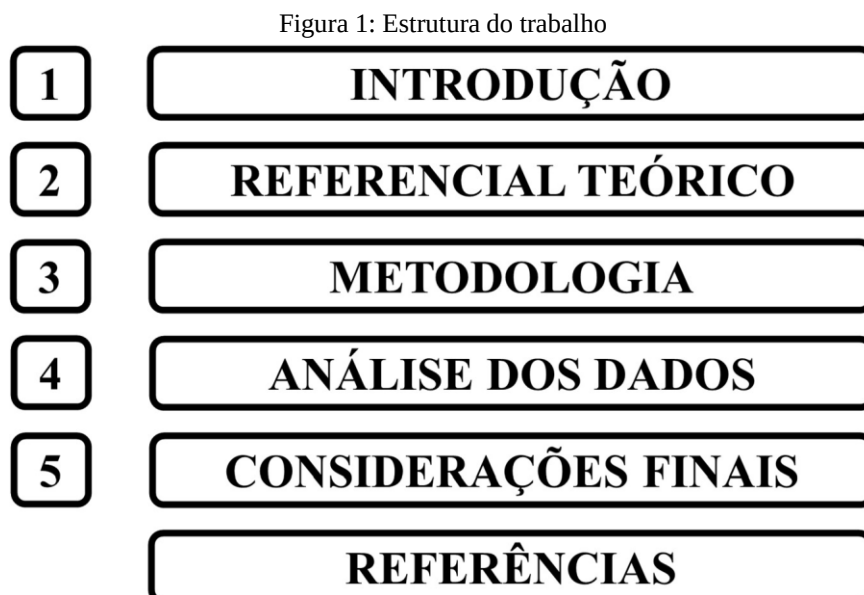
O **Capítulo 1** apresenta o tema abordado, objetivos e a sua contextualização, bem como, a problematização e sua justificativa.

O **Capítulo 2** apresenta o referencial teórico, elaborando os temas centrais do estudo de caso, Controle estatístico de Qualidade e o gráfico da fração não-conforme p .

O **Capítulo 3** ilustra o método estudado e a empresa objeto do estudo de caso, apresentando maiores detalhes da metodologia desenvolvida.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados, bem como os gráficos de controle, uma discussão acerca das causas especiais e uma proposição de melhorias.

Por fim, o **Capítulo 5** traz as considerações finais, que contém o resumo dos principais pontos do trabalho, as ideias sugeridas para possíveis trabalhos futuros e as limitações do estudo e em seguida as referências bibliográficas. É apresentado na Figura 01 a representação gráfica da estrutura do trabalho descrita.



Fonte: Próprio Autor (2024).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção de fundamentação teórica, são analisadas as referências relacionadas ao tema do trabalho, sendo elas essenciais para a elaboração da pesquisa. No referencial teórico, são abordados conteúdos referentes à evolução da qualidade e como sua definição foi se desenvolvendo ao longo do tempo, assim, entende-se melhor, a importância de se aplicar o controle estatístico da qualidade, que é o tema responsável por explorar os conceitos de gráficos de controle, diagrama de causa e efeito e o diagrama de Pareto. Isso permite ter uma compreensão mais aprofundada da gestão da qualidade e as vantagens da sua aplicação no sistema de produção de empresas.

2.1 Qualidade e sua evolução

Foi nos Estados Unidos da América, onde teve início a implementação do controle da qualidade como parte de práticas e processos administrativos para os objetivos e metas das organizações. Esse assunto possibilitou que empresas que adotassem esse sistema obtivessem superioridade ao adotar o controle de qualidade, essas medidas são para assegurar a qualidade dos produtos ou serviços, essas empresas puderam se destacar no mercado e atrair um maior número de clientes (SELEME & STADLER, 2012).

A importância da qualidade é constante ao longo da história humana, inicialmente voltada para a garantia de sobrevivência. Desde os primórdios, o homem demonstrava preocupação com a sobrevivência, qualidade da comida que cultivava ou obtinha da natureza, em observar e selecionar as melhores pedras que iam funcionar como armamento e instrumento utilizado na caça (LANDIVA, 2021).

Foi com o crescimento da subdivisão das tarefas de trabalho que a gestão da qualidade teve sua origem e avançou no início do século passado, sendo moldada por conceitos e progressos nas diferentes etapas. Naquele período, o profissional da área era o responsável pela produção e inspeção da qualidade do seu próprio trabalho (KIRCHNER, 2010).

Segundo Lobo (2020), o conceito de qualidade passou por mudanças e evoluiu ao longo dos anos, e nesse dinamismo pode variar nos diferentes períodos de tempo. Dessa forma, é possível analisar como esse conceito foi compreendido e aplicado por empresas líderes em seus determinados setores, para assim, obter uma visão mais profunda do tema.

Martins (2010), destaca que nos Estados Unidos e no Japão, a gestão da qualidade evoluiu de forma diferente, porém compartilharam de uma mesma característica: ambas tiveram

início com a implementação formal do processo de controle de qualidade. O empenho em fornecer mercadoria de qualidade para os consumidores, mesmo que com variações entre os dois países. Essa razão central resultou na aplicação de diferentes métodos na prática do controle de qualidade.

Esses exemplos mostram a importância atribuída à qualidade desde os tempos mais antigos da civilização. Com o passar dos séculos, a importância da qualidade se expandiu para diversas áreas, como a manufatura, a indústria, o comércio e os serviços. Dessa forma, a qualidade contribui bastante para o desenvolvimento das empresas e seu crescimento econômico.

De acordo com Toledo et al., (2012) mesmo antes do ano de 1920, a qualidade já estava em processo de evolução, quando nesse período a verificação da qualidade de um produto ocorria apenas depois da sua conclusão, por meio do controle e da inspeção. Ao longo do tempo, esse processo evoluiu e é descrito como Eras da Qualidade, que tem desempenhado um papel importante no contexto da evolução da qualidade.

Garvin (1992), ressalta que a evolução da qualidade é dividida em quatro grandes fases, conhecidas como era da inspeção, do controle estatístico da qualidade, garantia da qualidade e gestão estratégica da qualidade (qualidade total). O autor transmite a ideia de que a qualidade passou por diferentes estágios ao longo do tempo, cada um trazendo uma abordagem distinta para a gestão da qualidade.

Marshall et al., (2010) menciona que a era da Inspeção da Qualidade foi marcada por atividades manuais, onde os produtos eram verificados após a conclusão da sua produção, por meio de inspeção. Essa etapa se desenvolveu até o século XIX na indústria. O foco era garantir que cada detalhe do produto estivesse tal como foi planejado para satisfação do comprador. Nesse período, a procura por bens era maior que a sua produção.

A Era do Controle Estatístico surgiu e se estabeleceu pelo fato de que era necessário monitorar os processos para obter o controle através de dados e informações. Dessa maneira, era mais fácil identificar o desperdício para controlá-los nos processos industriais. Já a Era da Garantia da Qualidade, teve como característica assegurar a qualidade nas etapas do ciclo de vida dos bens fabricados, além de estabelecer uma mudança de mentalidade, onde a empresa deveria trabalhar de forma coletiva, buscando incansavelmente a satisfação do consumidor. A Era da Qualidade Total é caracterizada pela busca na compreensão das expectativas e demandas dos compradores. Nesse período, a gestão da qualidade tinha como objetivo satisfazer as necessidades do consumidor. Ao direcionar todo o esforço para atender os fregueses, a empresa

buscava conquistar a lealdade desse cliente, tornando-o fiel à corporação (MARSHALL JUNIOR et al., 2010).

Portanto, a qualidade passou por avanços compreendidos por etapas, trazendo consigo lições para melhorar as práticas de qualidade nas organizações. Essas transformações possuem uma importância muito grande, porque apresenta as mudanças fundamentais de uma era para outra.

Nos próximos tópicos, será visto as ferramentas da qualidade, que desempenham um papel fundamental na melhoria contínua dos processos nas organizações. Entre essas ferramentas, destacam-se o controle estatístico da qualidade, que utiliza métodos estatísticos para monitorar e controlar a qualidade dos produtos, como é o caso dos gráficos de controle p, diagrama de causa e efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Espinha de Peixe, e o diagrama de Pareto.

2.2 Controle Estatístico da Qualidade

O controle estatístico da qualidade desempenha um papel fundamental para o controle e a melhoria contínua dos processos nas empresas, tendo em vista a utilização das ferramentas e técnicas para aperfeiçoar e controlar a operação dos processos (GOUVEIA, 2018).

Dessa forma, pode-se entender que o controle estatístico da qualidade é um método estatístico para monitorar e controlar a qualidade de processos de produção. Essa técnica funciona através de dados que são coletados, aplicados e analisados para se chegar em um determinado resultado que permite identificar variações em um determinado processo.

Montgomery e Runger, (2003) definem o Controle da Qualidade como um compilado de técnicas estatísticas e de engenharia empregados para avaliar, acompanhar, regular e aprimorar a qualidade. O objetivo é entender a variabilidade do processo, para fazer uma avaliação precisa e identificar a causa do problema. Dessa forma, fica mais fácil tomar uma decisão, porque ela será baseada conforme os dados apresentados.

Gouveia (2018) ainda enfatiza a importância dos métodos estatísticos no planejamento, controle e melhoria da qualidade dos produtos e processos. Sem a utilização generalizada desses métodos, essa tarefa seria extremamente difícil ou quase impossível. Como resultado dessa necessidade, surge o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), uma área específica dentro do amplo campo do conhecimento conhecido como Gestão da Qualidade.

A estatística engloba muitas técnicas valiosas para a tomada de decisões relacionadas a um conjunto de itens. Essas técnicas se fundamentam na análise dos dados obtidos através de

uma amostra dos itens, proporcionando insights e fundamentando a tomada de decisão (MONTGOMERY, 2016).

Quando se trata de estatística, é possível aplicar o Controle Estatístico de Processos (CEP) ou também conhecido por Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), porque ele representa um conjunto de abordagens utilizados para o planejamento, monitoramento e aprimoramento de um processo de produção (LOUZADA et al, 2013).

Portanto, o Controle Estatístico da Qualidade permite uma compreensão mais precisa do processo das empresas, porque contribui com a redução de falhas e facilita o monitoramento das atividades de uma organização.

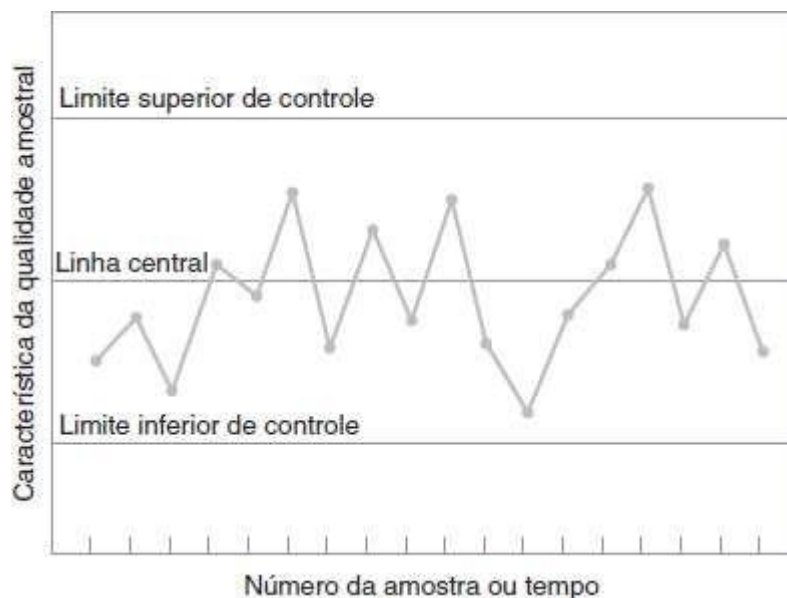
2.3 Gráficos de Controle por atributos e por variáveis

De acordo com Costa et al., (2005), em uma linha de produção, sempre é possível existir variabilidade nos seus processos, mas caso sejam pequenas, não afetam a comercialização do produto (qualidade e satisfação dos clientes). Dessa forma, existem critérios que precisam ser observados para garantir a qualidade do produto, definindo um valor dentro da média, que ajude a controlar a variabilidade no processo. Assim, a variabilidade resulta no desvio desse valor que é admitido como padrão ou ideal, causando estabilidade no processo. Dessa forma, o valor-alvo pode ser usado como um guia para definir especificações que diminuam ao máximo as variações em torno do valor estimado, assegurando que o produto se mantenha dentro dos limites aceitáveis.

Ainda segundo Costa et al., (2005), eles enfatizam a importância de manter o controle rigoroso sobre os processos, fazendo uma investigação precisa para descobrir se há variações e o que está causando tais anormalidades, sugerindo o gráfico de controle estatístico como ferramenta mais eficaz para manter o processo dentro dos limites desejados. Um exemplo disso, são os gráficos da média e da amplitude que são utilizados para acompanhar o desempenho de processos, visualizando de forma mais clara como a média (valor médio) e a amplitude (variação) dos resultados estão se comportando ao longo do tempo. Depois de calcular a média e a amplitude para cada amostra, cada valor correspondente é apresentado no gráfico de controle. Quando os pontos estão dentro dos limites de controle (LSC e LIC) e mostram um padrão aleatório ao redor da linha média ou central (LC), isso indica que o processo está funcionando dentro das expectativas. Caso alguma amostra esteja fora desses limites, é necessário intervir e tomar medidas corretivas.

Portanto, quando ocorre alguma variação no processo, essas variações não podem ser maiores que o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC), os pontos devem oscilar em torno da linha central (LC). A figura 02 ilustra um gráfico de controle com os limites, observe que nesse exemplo, o processo está sob controle estatístico, visto que todos os pontos estão dentro dos limites.

Figura 2: Estrutura do Gráfico de controle



Fonte: Montgomery (2003).

Segundo Ramos et al., (2013) um atributo refere-se a uma característica da qualidade que indica a presença ou ausência de conformidade em um processo ou serviço. A falta de conformidade implica em dizer que o cliente não teve uma boa experiência, porque o produto ou serviço não atendeu às suas exigências.

De acordo com Costa et al., (2005) os gráficos de controle por atributos eram utilizados na indústria para monitorar a qualidade e conformidade dos produtos durante a produção. No entanto, esses gráficos foram adaptados e aplicados para diferentes setores de serviços.

Entre os gráficos de controle por atributos mais relevantes, pode-se mencionar os gráficos p , np , C e u . No entanto, neste estudo, será focado no gráfico de controle p , uma vez que é o gráfico selecionado para análise neste trabalho em particular.

Como visto, os gráficos de controle por atributos são de fundamental importância, porque podem garantir a qualidade consistente dos produtos e serviços. Eles fornecem uma representação visual do comportamento dos processos ao longo do tempo. Dessa forma, é possível identificar os problemas para implementar medidas corretivas.

Já no que diz respeito a variáveis, são características da qualidade que podem ser representadas por valores numéricos. Esses valores podem ser um conjunto de dados que são adequados para serem monitorados e controlados através desse tipo de gráfico. No gráfico de controle por variáveis, são encontrados valores que ajudam a monitorar a forma de como o processo varia, ou seja, o quanto esses dados estão espalhados e em que ponto eles se concentram (RAMOS et al, 2013).

Nos gráficos de controle por variáveis, após eliminar as causas especiais que afetam o processo e tomar medidas para evitar sua insistência, pode-se começar a construir o gráfico de controle. Dentre os gráficos de controle por variáveis, se incluem os gráficos da média, amplitude, variância e desvio padrão (COSTA et al., 2005).

Os gráficos de controle, tanto para variáveis quanto para atributos, são úteis em muitas situações. No entanto, em certas circunstâncias particulares, pode surgir a necessidade de controlar as características da qualidade de uma maneira mais simplificada ou direcionada (GOUVEIA, 2018).

Foi visto a importância do uso dos Gráficos de Controle por Atributos e por Variáveis. Ao utilizar esses gráficos, as organizações podem reduzir a variabilidade, melhorar os seus processos, reduzir desperdícios e, acima de tudo, entregar produtos e serviços de qualidade para os clientes.

2.4 Gráfico de controle da fração não-conforme p

O gráfico de controle “ p ” é uma representação visual que destaca a proporção de itens não conformes em relação ao total de itens em uma amostra. Frequentemente, define-se limites ou critérios que determinam a chance de um item ser considerado fora dos padrões desejados. Isso é feito para controlar os aspectos financeiros do processo, descartando a possibilidade de produzir uma alta quantidade de itens não conformes (GOUVEIA, 2018).

Portanto, o gráfico de controle “ p ” da fração não conforme, mostra dados que estão fora dos limites ou padrões desejados. Com o auxílio dessa técnica, é possível fazer o monitoramento de pontos que estejam fora do limite de controle, para então retirá-los e corrigir o processo. Os limites de controle superior e inferior são estabelecidos com base em cálculos estatísticos. Ao plotar os dados coletados, pode-se identificar as variações em relação aos limites de controle.

A fração não conforme representa a proporção de itens que não estão de acordo com os padrões de qualidade em um conjunto de dados apresentados. Quando um observador examina os itens, eles verificam aspectos de qualidade. Se um item não atender a pelo menos uma dessas

características, ele não cumpriu o requisito esperado. Dessa forma, a fração não-conforme proporciona avaliar a qualidade dos itens em relação aos critérios estabelecidos (MONTGOMERY, 2016).

O gráfico de controle p , também conhecido como gráfico de fração defeituosa ou fração de não-conformidades, é empregado para monitorar a proporção de itens defeituosos ou não conformes em um processo. A avaliação dos itens como conformes ou não conformes segue uma distribuição binomial (MARTINS, 2010).

Em suma, o gráfico de controle “ p ” da fração não conforme é muito utilizado para avaliar a qualidade dos itens com base nos cálculos estatísticos. É uma ferramenta muito precisa da gestão da qualidade, porque ajuda as empresas a monitorar seus processos para identificar oportunidades de melhoria.

Assim, os limites de controle para o Gráfico P podem ser dados de acordo com Montgomery (2016) a partir das Equações (1) a (3).

$$LSC = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (1)$$

$$LM = p \quad (2)$$

$$LIC = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (3)$$

Em que p é a fração média de itens fora das especificações, ou seja, calculada pelo quociente entre o número de itens defeituosos e o tamanho da amostra (n).

Gráfico p com tamanho de amostra variável

De acordo com Montgomery (2016), um item não conforme é um produto que não atende a uma ou mais especificações estabelecidas para ele. Toda vez que um requisito não é cumprido, pode-se considerar que aconteceu um defeito ou não-conformidade. Portanto, um item com defeito não cumpriu o requisito esperado. Mas, de acordo com a gravidade, ele pode ter várias não conformidades e ser tido como não conforme.

Dito isso, é possível observar que com o gráfico p com tamanho de amostra variável, pode-se fazer o monitoramento de uma proporção de elementos que estão com erro na amostra.

Uma diferença desse tipo de gráfico é que o tamanho da amostra pode variar de acordo com o tempo. Assim, se m amostras são analisadas, cada uma com tamanho n_i , então a linha central e os limites de controle 3-sigma do gráfico p são dados de acordo com as Equações (4) a (6):

$$LSC = \bar{p}_i + 3\sqrt{\frac{\bar{p}_i(1-\bar{p}_i)}{n_i}} \quad (4)$$

$$LM = \bar{p}_i \quad (5)$$

$$LIC = \bar{p}_i - 3\sqrt{\frac{\bar{p}_i(1-\bar{p}_i)}{n_i}} \quad (6)$$

Em que $\bar{p}_i$ é a proporção de itens fora das especificações para cada uma das m amostras, uma vez que $i = 1, 2, 3, \dots, m$.

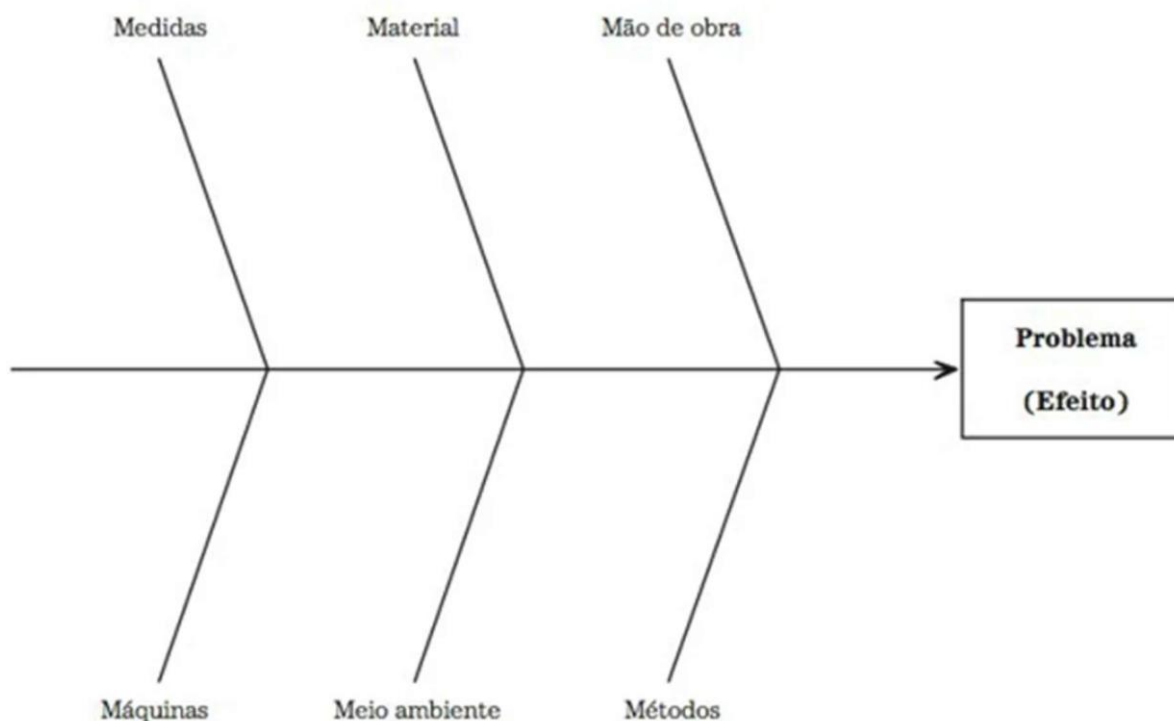
2.5 Diagrama de causa e efeito

Ramos et al., (2013) enfatizam que qualquer coisa que acontece na natureza é o resultado de vários fatores acontecendo juntos. Além disso, é possível descobrir como esses eventos estão relacionados uns com os outros, causando esses resultados. Para entender essas relações de uma maneira organizada, pode-se utilizar um desenho chamado Diagrama de *Ishikawa*. Ele coloca esses fatores que causam os resultados de uma forma parecida com a espinha de um peixe, daí o nome “espinha de peixe”.

Segundo Vergueiro (2002), o diagrama de causa e efeito é útil para descobrir as verdadeiras razões por trás de um problema, em vez de apenas olhar para as coisas que acontecem por causa desse problema. Isso evita erros que normalmente se comete no cotidiano e muda a forma como se analisa, focando mais no próprio problema.

Esse diagrama (Causa e Efeito) é usado para entender por que algo acontece e para encontrar maneiras de melhorá-lo cada vez mais. É uma espécie de desenho que ajuda a organizar pensamentos. Se a equipe tem muitas ideias diferentes, esse diagrama as ajuda a serem organizadas. Além disso, também ajuda as pessoas a trabalharem juntas e a procurarem maneiras de resolver problemas em vez de apenas debater sobre eles (VIEIRA, 2014). É apresentado um exemplo desse tipo de diagrama na Figura 03.

Figura 3: Estrutura do Diagrama de causa e efeito



Fonte: Ramos et al. (2013).

O diagrama de causa e efeito é uma maneira de demonstrar como um problema está relacionado com várias coisas que podem tê-lo causado. O **problema** é colocado de um lado (Lado Direito), e as possíveis razões na outra parte (Lado Esquerdo). As razões que afetam o processo são mostradas nitidamente e de forma organizada para que fique fácil de entender. Cada vez que algo acontece, podem existir muitas razões diferentes. As razões mais importantes são divididas em seis grupos maiores (**método**, **matéria-prima**, **mão-de-obra**, **máquinas**, **medição** e **meio ambiente**), também conhecidas como **6Ms** (LOBO, 2020).

Para dar sequência na construção do gráfico de causa e efeito, deve-se ter a identificação das ramificações (causas), porque elas apresentam os motivos pelos quais cada uma das razões (métodos) ocorre, ou seja, as ramificações explicam cada uma das razões que acontecem (RAMOS et al., 2013).

Assim, ao criar o diagrama de Ishikawa ou de causa e efeito, costuma-se empregar esses grupos que são considerados padrão. Geralmente, o problema está conectado a esses grupos estabelecidos.

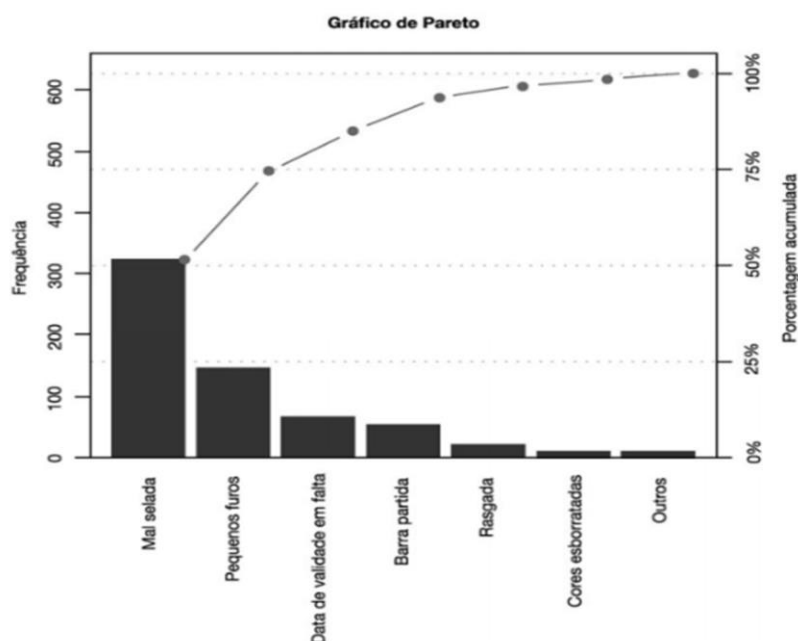
2.6 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é usado para destacar as coisas mais importantes de um conjunto de itens, para saber quais são os mais significativos. O nome “Pareto” vem de um economista italiano chamado Vilfredo Pareto, que ajudou a desenvolver essa ideia. Joseph Moses Juran colocou o nome do gráfico em sua homenagem (RAMOS et al., 2012). O gráfico de Pareto é uma maneira de mostrar informações, onde se tem muitos tipos diferentes de coisas e objetiva-se saber quais são as mais frequentes e em ordem decrescente (MONTGOMERY, 2016).

Vieira (2014), ressalta que o diagrama de Pareto representa as causas mais importantes nas barras mais altas e as menos importantes nas barras mais baixas. No gráfico, é mostrado o tipo de coisa que se perde (eixo vertical) e as quantidades de cada causa que é perdida (eixo horizontal), indicando a ordem de importância, de acordo com o tamanho das amostras.

A ideia do diagrama de Pareto é a relação 80/20, onde a maioria dos problemas (80%) vem de apenas algumas causas (20%). O diagrama coloca os problemas em ordem, do mais significativo (mais importante) para mais insignificante (menos importante), utilizando barras para poder representá-los visualmente. Isso ajuda a entender quais problemas devem ser tratados primeiro, focando nas soluções mais importantes (LOBO, 2020). É exposto na Figura 04, o exemplo de um diagrama de Pareto.

Figura 4: Diagrama de Pareto



Fonte: Louzada et al. (2013).

O gráfico da Figura 04, expõe dados utilizados para uma empresa fictícia. É uma empresa que faz chocolates e tem problemas com as suas embalagens. O gráfico mostra que os problemas mais comuns são embalagens que não estão bem fechadas e embalagens com furinhos. Esses acontecem com mais frequência. Juntos, esses defeitos são responsáveis por cerca de 74% dos erros. Ocorrem também problemas com a data de validade em falta. Os três são responsáveis por 85% de todos os erros (LOUZADA et al. 2013).

Portanto, o diagrama de Pareto transmite as causas mais frequentes de um problema e ajuda a descobrir quais necessidades devem ser resolvidas de imediato, sendo que uma pequena parte das causas (20%) está relacionada à maior parte dos resultados (80%).

3. METODOLOGIA

Na seção da metodologia, trata-se dos aspectos relacionados à organização da pesquisa, além de oferecer uma breve descrição sobre a empresa em análise, como a classificação da pesquisa, caracterização da empresa destacando os aspectos mais importantes para o estudo, o problema que está sendo investigado (variável analisada), método de coleta de dados e por fim, os *softwares* empregados para analisar e interpretar os dados coletados.

3.1 Classificação da pesquisa

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a natureza da pesquisa aplicada é exatamente quando se busca conhecimento para ajudar a resolver problemas que são reais. Isso significa que é bastante útil para eventos práticos.

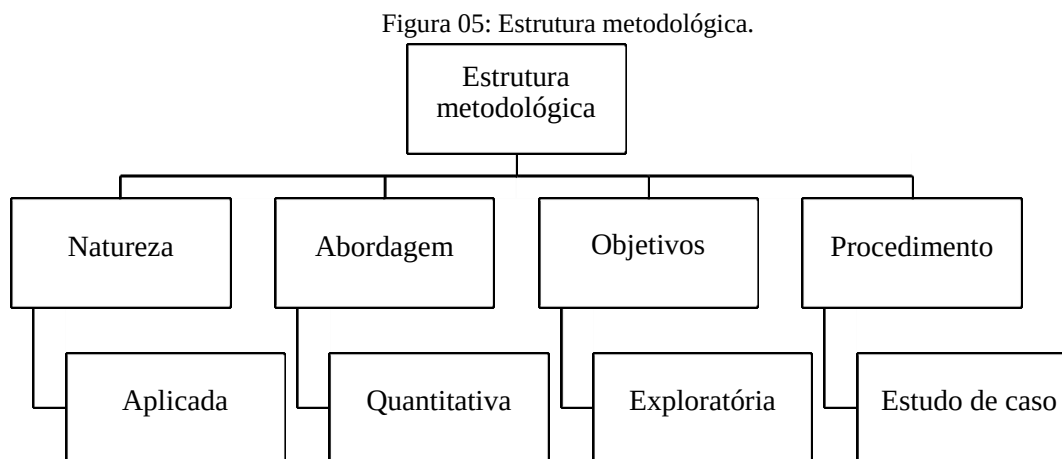
Silva e Menezes (2005) ressaltam que a pesquisa quantitativa transmite a ideia de que é possível usar números para representar quase tudo, ou seja, transformar tanto informações, como opiniões em valores numéricos, convertendo coisas subjetivas em números. Além disso, é importante ter acesso a ferramentas da estatística para ajudar a compreender melhor.

A pesquisa exploratória é um estudo onde se busca entender algo novo, fazer novas perguntas, encontrar novos problemas, descobrir informações ainda não conhecidas, na tentativa de fazer três coisas: criar ideias, conhecer melhor o ambiente para entender a situação e preparar mais detalhes para pesquisa no futuro, ou até mesmo fazer com que as ideias da pesquisa sejam mais claras (LAKATOS & MARCONI, 2003).

Segundo Yin (2015), o estudo de caso é uma maneira de investigar diferentes situações para descobrir informações de uma forma mais detalhada e assim, nas diversas circunstâncias, como por exemplo, em empresas, na administração, na ciência, na psicologia, entre outros, são compreendidas como funcionam suas realidades e o que acontece em cada uma dessas áreas de maneira simples.

A metodologia adotada para essa pesquisa é caracterizada pela sua natureza aplicada, por se tratar de ter sido feita de um jeito prático voltado para a resolução de problemas da vida real. Quanto à abordagem, esta é classificada como quantitativa, envolvendo coleta e análise de dados numéricos para entender de maneira objetiva. A pesquisa tem caráter exploratório, pois está explorando coisas novas para encontrar problemas e suas soluções no ambiente do estudo. O procedimento adotado foi o estudo de caso, que nada mais é do que a escolha de um caso

específico para tirar conclusões detalhadas sobre o problema abordado. É ilustrado na Figura 05, a classificação metodológica da pesquisa.



Fonte: Próprio autor (2024).

3.2 Caracterização da empresa

A empresa estudada está localizada na cidade de Assú no Rio Grande do Norte. Para efeito desta pesquisa, optou-se por não identificar o nome da empresa no presente trabalho. Portanto, será feito referência a ela como empresa estudada, fabricante ou analisada.

O município de Assú, foi instituído pela lei provincial nº 124 no dia 16 de outubro de 1845 (Prefeitura do Assú). De acordo com dados obtidos do IBGE, Assú tem um território de aproximadamente de 1.303,442 km², com distância de 210 km² em relação a Natal, capital do estado. Foi estimado no último censo com uma população de 56.502 habitantes (IBGE, 2022).

A Empresa fabricante de água adicionada de sais conta atualmente com cerca de 80 colaboradores, divididos no setor de produção, na área administrativa e no setor de entrega ou distribuição dos produtos. Está no mercado há alguns anos. Produz garrafas PET e garrafões, distribuindo a água para todo o comércio.

A empresa analisada mantém um laboratório dedicado ao controle da qualidade da água, equipado com instrumentação completa para a execução de testes de água. No laboratório, são realizadas análises diárias da água engarrafada, supervisionada por um bioquímico, membro efetivo da empresa. Nesse laboratório, utiliza-se uma moderna tecnologia para verificar a presença de diferentes elementos químicos e identificação de bactérias. Isso mostra que a empresa se preocupa em oferecer água de boa qualidade para as pessoas consumirem.

A produção começa desde a entrada de matéria prima até o produto final. Na região, a empresa estudada é uma das que mais produzem água adicionada de sais para venda. Nesse processo, observou-se falhas na confecção dos produtos, mais precisamente das garrafas PET, havendo assim, uma perda considerável na linha de produção.

A empresa é certificada com o selo internacional ISO 9001 em gestão da qualidade, uma certificação reconhecida mundialmente. Ter esse selo, representa uma satisfação muito grande para a organização estudada, porque significa que a empresa obedece aos processos rigorosos desse sistema, e consegue benefícios em termos de credibilidade e reputação.

A empresa é apresentada pela Figura 06, onde tem-se uma vista panorâmica da sua localização. Em destaque ao fundo, pode-se observar o galpão principal, onde ficam as máquinas e funcionários do setor de produção. O primeiro à esquerda e de maior porte é dividido em duas áreas, onde os funcionários fazem refeições e os garrafões de 20L passam pelo processo de reciclagem. Um pouco mais à frente, ainda no lado esquerdo, em menor porte, tem-se o escritório do setor de administração.

Figura 6: Vista panorâmica da empresa



Fonte: Disponibilizado pela empresa estudada (2024).

As Figuras 7, 8 e 9, ilustram a área de produção e mostram algumas das atividades realizadas. É a parte do setor responsável pela produção dos garrafões de 20L. As etapas seguem em ordem nos seguintes processos: descarrego, escovação, lavagem, envase, tampagem, inspeção, vedação, rotulagem e carregamento. Esse setor é bastante movimentado, porque a produção envolve muitas etapas no processo.

Figura 7: Setor de produção dos garrafões de 20L



Fonte: Disponibilizado pela empresa estudada (2024).

Figura 8: Sala de envasar e tampar



Fonte: Disponibilizado pela empresa estudada (2024).

Figura 9: Inspeção e lacre



Fonte: Disponibilizado pela empresa estudada (2024).

A empresa também tem o processo de produção de garrafas PET. As Figuras 10 e 11, ilustram esse processo de fabricação na linha de garrafas de 500ml e 1,5L.

Figura 10: Produção de garrafas PET



Fonte: Disponibilizado pela empresa estudada (2024).

Figura 11: Linha de produção de garrafas PET



Fonte: Disponibilizado pela empresa estudada (2024).

A produção de garrafas PET envolve os processos de sopro, rotulagem, pré-lavagem, envase, tampagem, impressão, empacotamento e empilhamento no estoque. O processo de fabricação das garrafas PET envolve as mesmas etapas, tanto para as garrafas de 500ml quanto para as de 1,5L.

3.3 Variável analisada e Coleta de dados

Na empresa, foram coletados dados das garrafas PET de 1,5L e 500ml e dos garrafões de 20L. Mas, infelizmente, não foi possível coletar dados suficientes para realizar o controle de qualidade dos três tipos de produtos. Sendo então, utilizado apenas garrafas de 500ml.

Antes de iniciar a coleta, foi relatado pelo diretor da empresa que eles estavam enfrentando um grande problema de desperdício de garrafas PET, por isso, foi concentrado os esforços nesse produto. Dessa forma, durante o período compreendido entre o mês de fevereiro e maio de 2023, foram conduzidas coletas de dados relacionadas a esse produto, totalizando uma amostra de 43 lotes de garrafas.

Em cada turno, era verificado quantas garrafas foram produzidas e quantas tinham defeito, sendo então, anotado os defeitos detectados. Essas amostras eram utilizadas para analisar o desperdício na empresa. O Quadro 01 ilustra o banco de dados para os sete primeiros lotes de garrafas. A partir do Quadro 01, foi possível calcular o percentual de garrafas produzidas com defeito, para cada turno de trabalho realizado.

Quadro 01 - Coleta de dados para os dez primeiros lotes

Data	início	Fim	Itens produzidos	Itens desperdiçados	Motivos dos desperdícios
06/03/2023	07h00	12h00	2.832	86	Todos esses itens foram desperdiçados na máquina do sopro
07/03/2023	13h30	17h00	5.736	227	93 engasgaram, 107 com defeito do sopro, 27 com problema na empacotadora
07/03/2023	08h00	17h00	11.052	78	Todos esses itens foram desperdiçados na máquina do sopro
08/03/2023	13h00	17h00	10.140	227	192 itens engasgaram, 14 tampas amassadas na tampadora, 21 na empacotadora,
08/03/2023	07h30	17h00	13.862	82	Todos esses itens foram desperdiçados na máquina do sopro
09/03/2023	13h30	17h10	13.056	152	112 itens desperdiçados na envasadora , 23 na empacotadora, 17 itens desperdiçados na rotuladora
09/03/2023	07h00	17h00	14.000	212	Todos esses itens foram desperdiçados na máquina do sopro

Fonte: Próprio autor (2024).

Então, os dados referentes as garrafas PET de 500ml eram pontuados seguindo os seguintes requisitos: característica do produto, data do dia de fabricação, turno da produção, início e fim do processo, quantidade de itens produzidos, quantidade de itens desperdiçados, e, por último, o motivo pelo qual estava acontecendo aquele desperdício.

Dessa forma, sabendo o motivo do desperdício, era possível saber a causa raiz do problema, permitindo assim, ter uma perspectiva mais clara do que está ocorrendo para aplicar uma solução que traga bons resultados

3.4 Softwares utilizados

Todos os dados foram coletados e pontuados no *Microsoft Excel*. O diagrama de Pareto e os gráficos p da fração não conforme foram construídos no R Core Team (2023), com uso do pacote QCC, criado por Scrucca (2004).

Já os diagramas foram feitos com o mapeamento dos processos, realizado através do Bizagi Modeler, que é uma ferramenta onde as empresas podem criar e registrar seus processos de negócio em um lugar só, na nuvem. Isso ajuda a entender cada passo das operações, encontrando maneiras de melhorar esses processos e tornar a empresa mais eficiente.

O Bizagi Modeler é uma plataforma que ajuda as empresas a tornarem seus processos mais rápidos e eficientes ao automatizá-los. Torna a criação de novos sistemas mais acessível para pessoas que talvez não sejam especialistas em programação (BIZAGI MODELER, 2024).

O *software* R é uma ferramenta que oferece muitas funcionalidades para que se possa aplicar técnicas de análise, modelagem e visualização de dados em suas operações de controle da qualidade.

Ao analisar o gráfico de controle p da fração não conforme, tem-se uma linha central no meio, e acima dela, um limite superior e abaixo um limite inferior. Pontos do limite superior indicam que existem itens com defeito. Pontos abaixo do limite inferior não tem importância, porque mostram um percentual de defeito muito baixo, o que é um ponto positivo para o monitoramento.

Depois de compreender o problema e analisar o processo de fabricação da empresa, foram coletados dados e aplicados no *Software* R, para detectar o problema através do gráfico de controle da fração não conforme p . Ao diagnosticar as causas especiais, foi aplicado o diagrama de pareto para criar um ranking dos motivos que demandam uma maior quantidade de defeitos.

O ranking de defeitos é uma parte muito importante para criar o gráfico. O propósito é destacar quais os problemas que mais causam danos em um processo. Ele organiza e apresenta os responsáveis pelas maiores insatisfações.

Ao construir o diagrama de Pareto no R, ele fornece informações através de dados que chamam a atenção por causarem maior impacto em termos de defeitos com maior percentual de incidência, permitindo assim, uma ação mais rápida nos defeitos de maior demanda.

Logo após a construção do diagrama de Pareto, ficou evidente os principais problemas. Assim, foram elaborados mais três diagramas de causa e efeito, um para cada problema que deveria ter maior atenção. Esses diagramas foram construídos através de uma ferramenta conhecida por *Lucidchart*, que cria e visualiza dados baseados na *web (online)*.

Ben Dilts e Karl Sun (fundadores) estabeleceram o Lucidchart em 2010, introduzindo posteriormente novos produtos na linha da empresa. Atualmente, o Lucid é amplamente adotado por milhões de usuários em empresas ao redor do mundo para facilitar a colaboração visual (LUCIDCHART, 2024).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, são abordados assuntos relacionados ao processo de produção da empresa. São apresentados diagramas com as etapas das operações, além de imagens e gráficos de controle, bem como quadros com os dados pontuados. É realizada uma análise detalhada do problema identificado, juntamente com as possíveis aplicações de melhorias para otimizar o processo produtivo e eliminar os desperdícios.

4.1 Processo de produção

A empresa estudada possui um sistema de produção baseado em lotes diferentes, resultando em variações na quantidade produzida diariamente. Alguns dias apresentam uma produção mais elevada, enquanto outros dias registram uma produção menor. A produção de embalagens e a venda de água, são mais relevantes no segundo semestre do ano, devido ser um período mais quente na região e, além disso, a comercialização de água é bem maior. Aqui, será apresentado a produção das garrafas PET de 500ml, um dos produtos de maior saída na empresa.

O processo de fabricação de garrafas PET de 500ml é definido por inúmeras etapas, que incluem os processos de “sopro”, “aplicação de rótulo”, “pré-lavagem”, “envase”, “tampagem ou rosqueamento”, “impressão” e “empacotamento”. Um detalhe importante é que a pré-forma é produzida por um fabricante e depois vendida à empresa estudada. A pré-forma é o estado inicial da garrafa PET. Ela vai se transformar em uma garrafa durante o processo de fabricação. A pré-forma é aquecida na máquina, depois inserida no molde do sopro e inflada com ar comprimido para ganhar forma de garrafa. É apresentado exemplos de pré-formas e a boca onde vai entrar o ar, nas Figuras 12 e 13.

Figura 12: Pré-forma garrafa PET 500ml



Fonte: Global Sources (2024).

Figura 13: Boca onde entra o ar comprimido



Fonte: Global Sources (2024).

A primeira etapa ocorre de duas formas, primeiro o aquecimento da pré-forma, depois o sopro para formar a embalagem da garrafa. No caso do aquecimento, o colaborador leva a pré-forma da garrafinha PET e deposita em um recipiente que é projetado para colocar a pré-forma antes de ser processada no sopro e se tornar uma garrafa plástica. Em seguida, a pré-forma da garrafa é colocada no bico da máquina para passar pelo processo de aquecimento. Depois do aquecimento vem a parte do sopro, onde a pré-forma entra no molde da máquina do sopro, recebe ar comprimido e ganha uma forma, como é mostrado na Figura 14.

Figura 14: Máquina do sopro das garrafas PET



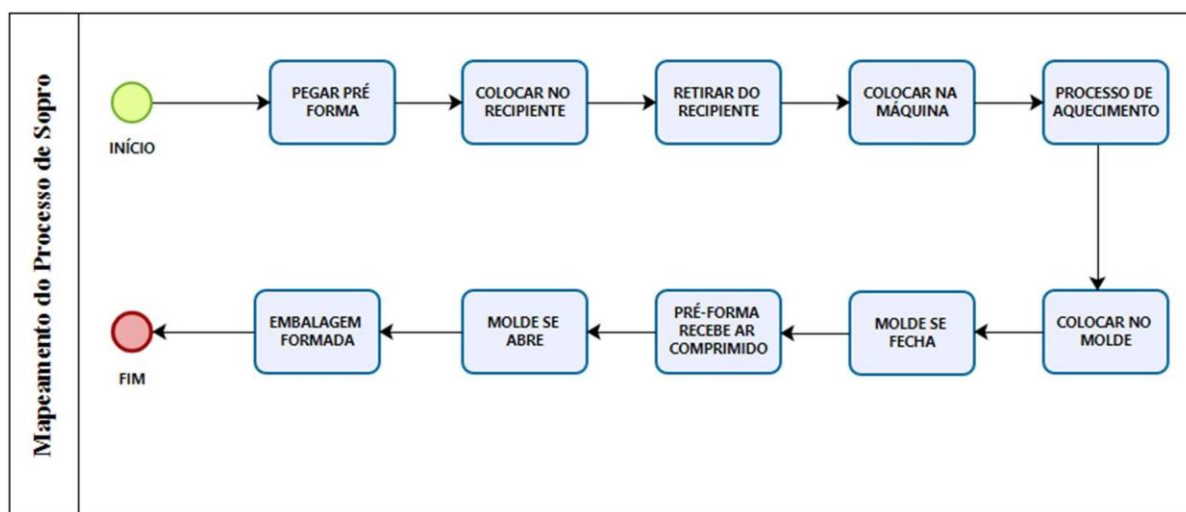
Fonte: Próprio Autor (2024).

Essa produção é realizada de duas formas, manual e automatizada. A primeira (manual) é realizada por um colaborador, que pega a pré-forma e coloca no equipamento, que por sua vez, a conduz a etapa de aquecimento (automatizada).

Na sequência, o material passa pelo processo de aquecimento na máquina a uma determinada temperatura para ficar mais maleável ou ganhar elasticidade, isso facilita o processo do sopro. Em seguida, a pré-forma é colocada pelo colaborador no molde do sopro para o material ganhar forma.

O diagrama 1, mostra o mapeamento dessa etapa. É feita uma determinada quantidade de embalagens de garrafas PET. Em seguida, são colocadas em um espaço para seguirem para a próxima fase.

Diagrama 1: Mapeamento de processo do sopro das garrafas PET de 500ml



Fonte: Próprio Autor (2024).

Na segunda etapa, as garrafas são colocadas na esteira transportadora, que move as embalagens na linha de produção, facilitando a execução das outras etapas do processo, isso é mostrado na Figura 15.

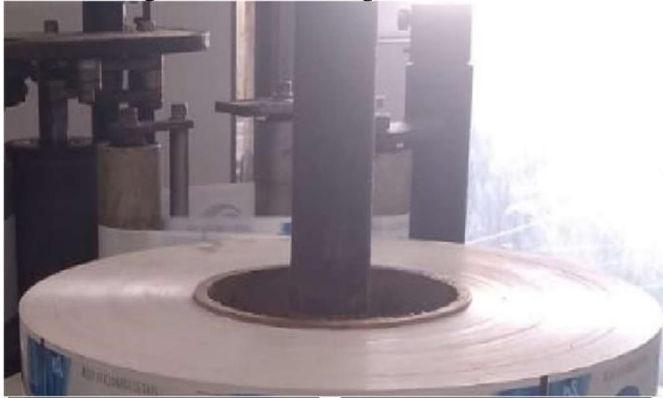
Figura 15: Garrafas na esteira



Fonte: Próprio Autor (2024).

Ao serem colocadas na esteira transportadora, as garrafas PET seguem para a aplicação do rótulo. O rótulo ou processo de rotulagem, é uma etapa que envolve a aplicação do rótulo na embalagem plástica. Nele, existem informações sobre o produto a ser fabricado. Isso pode ser observado nas Figuras 16 e 17 a seguir.

Figura 16: Rótulo das garrafas de 500ml



Fonte: Próprio Autor (2024).

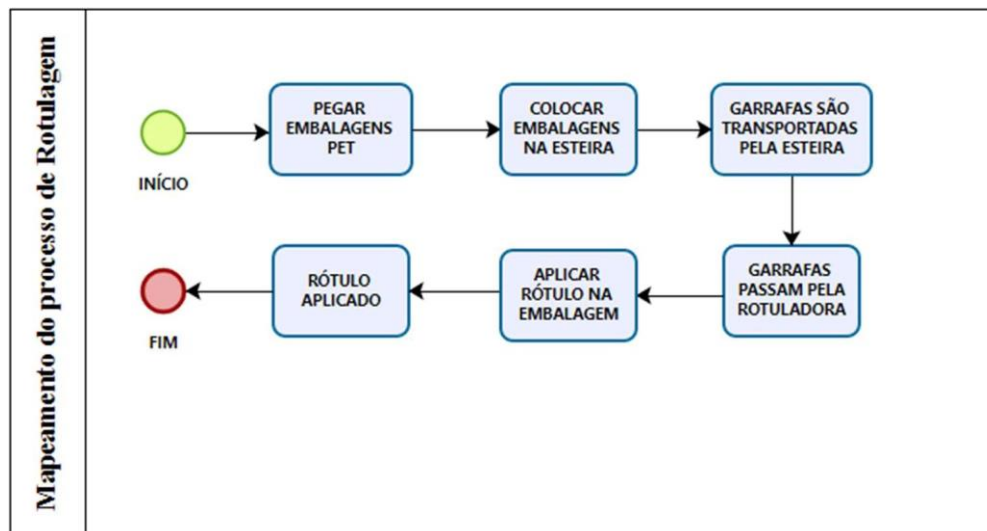
Figura 17: Rotuladora



Fonte: Próprio Autor (2024).

As garrafinhas PET passam pela máquina do rótulo, onde são envolvidas por um papel especial com as características do produto (Rolo com os detalhes no rótulo). Na sequência, o diagrama 2 ilustra a etapa mapeada desse processo de maneira mais ampla e com mais detalhes, permitindo visualizar as atividades minuciosamente. Em seguida, as embalagens seguem na esteira para a fase três ou parte três do processo.

Diagrama 2: Mapeamento do processo de rotulagem das garrafas PET de 500ml



Fonte: Próprio Autor (2024).

Na terceira etapa, há mais três processos distintos, onde as embalagens passam pelo processo de pré-lavagem ou lavagem, em que a máquina joga um forte jato de água dentro da embalagem para remover qualquer resquício de poeira ou sujeira. Observe na Figura 18.

Figura 18: Máquina que joga água



Fonte: Próprio Autor (2024).

As embalagens seguem novamente na esteira, e passam pelo processo de envase. Na envase, a garrafa recebe a água mineral. A água é cuidadosamente tratada e colocada na máquina de envase, essa por sua vez, faz o enchimento da garrafa PET, despejando a quantidade certa de água adicionada de sais em cada garrafa.

Portanto, esse processo de preencher a garrafa com água mineral, chama-se processo de envase. Depois a embalagem segue para a tampadora, onde recebe um lacre. A tampadora ou rosqueadeira, garante a vedação da garrafa para evitar o vazamento de água e garantir que a tampa fique bem fixada, como é ilustrado nas Figuras 19 e 20.

Figura 19: Máquina tampadora ou rosqueadora



Fonte: Próprio Autor (2024).

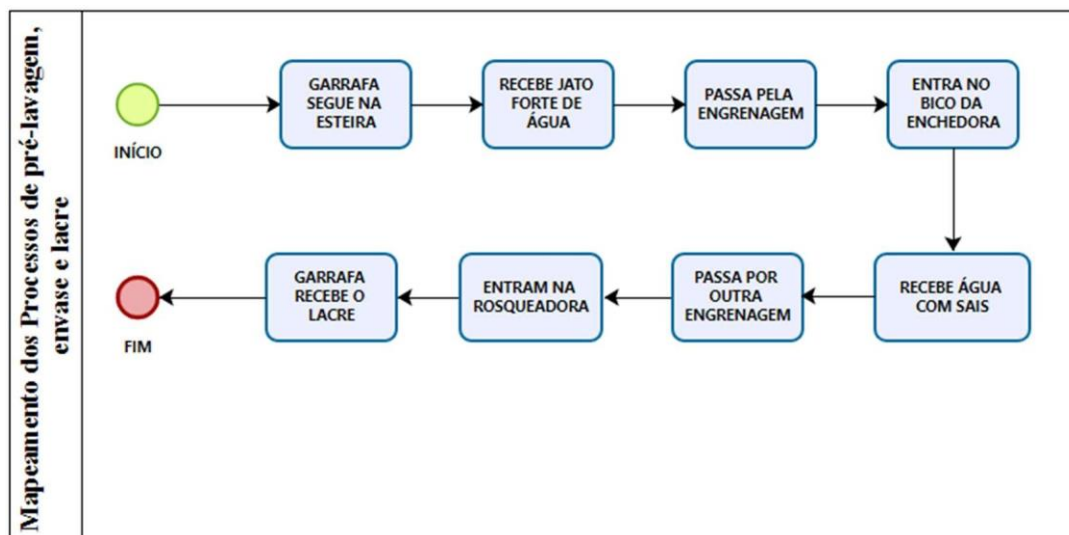
Figura 20: Máquina envasadora



Fonte: Próprio Autor (2024).

Assim como a pré-forma, a tampa da embalagem é feita em outra empresa, que fornece uma quantidade específica de tampas para a empresa analisada. O diagrama 3 ilustra o mapeamento desse processo. Essa fase três do processo é totalmente automatizada.

Diagrama 3: Processos de pré-lavagem, enchimento e lacre das garrafas PET de 500ml



Fonte: Próprio Autor (2024).

A quarta etapa é a parte da impressão, empacotamento e empilhamento, ilustrados nas Figuras 21, 22, 23 e 24. Ao sair da sala de envase, as embalagens seguem na esteira e passam pela impressão que contém dados sobre a data de fabricação que serão impressos na garrafa. Em seguida, elas são empacotadas na máquina em um papel especial, esse papel também é conhecido como papel filme laminado, com 12 garrafas cada, empilhadas em paletes e armazenadas no estoque, já prontas para serem comercializadas.

Figura 21: Máquina de impressão



Fonte: Próprio Autor (2024).

Figura 22: Máquina empacotadora



Fonte: Próprio Autor (2024).

Figura 23: Empacotadora com papel laminado



Fonte: Próprio Autor (2024).

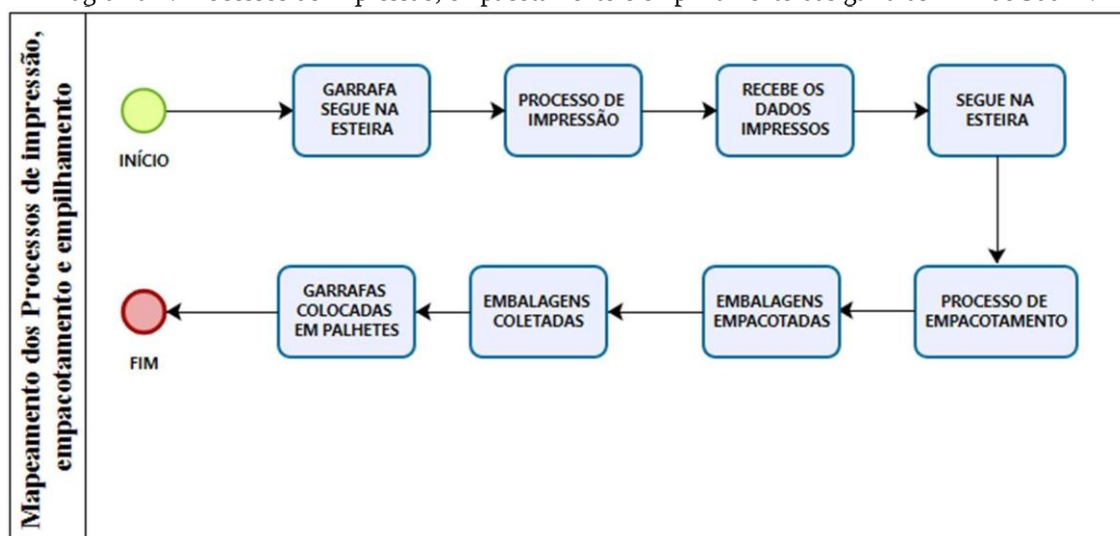
Figura 24: Garrafas PET empilhadas



Fonte: Próprio Autor (2024).

É apresentado o Diagrama 4, que mostra as etapas do processo de impressão, empacotamento e empilhamento. Essa é a última etapa do processo, caracterizada por ser a saída do produto. Essas etapas são parte integrante do processo de produção. Após essa etapa, as garrafas PET de 500ml podem ser vendidas e seguem para distribuição.

Diagrama 4: Processos de impressão, empacotamento e empilhamento das garrafas PET de 500ml.



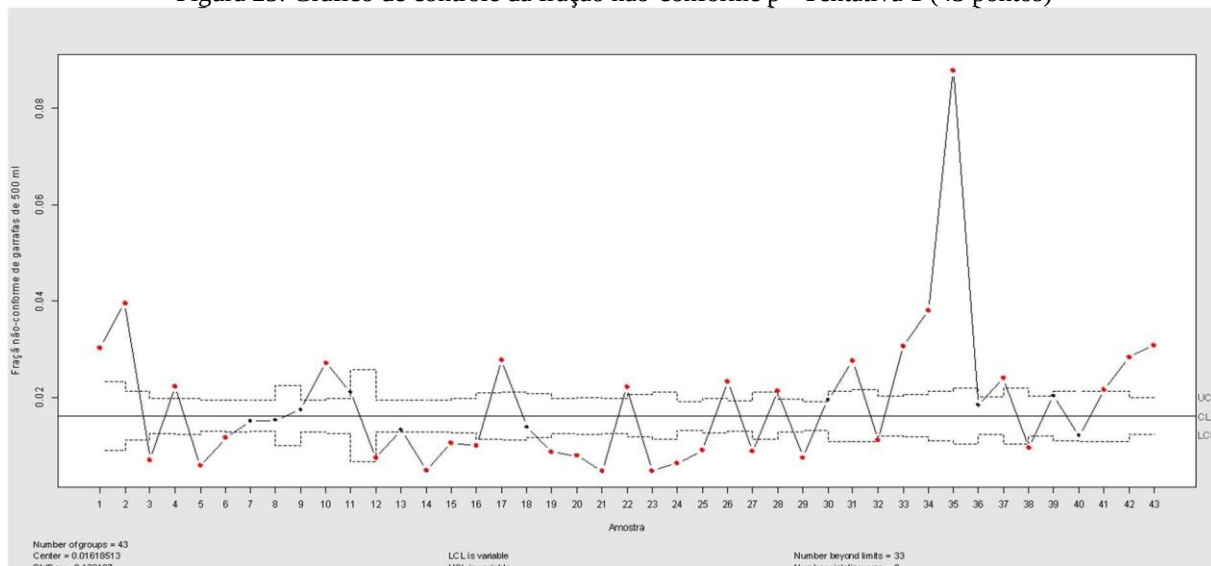
Fonte: Próprio Autor (2024).

4.2 Gráfico de Controle p

A partir dos dados coletados na empresa, foi possível construir o gráfico de controle para a fração não-conforme “ p ” do desperdício. Ao todo foram coletados 43 pontos. Esses dados foram utilizados na primeira tentativa de controle de qualidade, como pode ser mostrado na

Figura 25, em que retrata o comportamento da fração não-conforme das garrafas PET de 500 ml. Como há um tamanho de amostra diferente de subgrupos racionais, foi utilizado o gráfico p para tamanhos de amostras variáveis.

Figura 25: Gráfico de controle da fração não-conforme p - Tentativa 1 (43 pontos)



Fonte: Próprio autor (2024).

No gráfico (Figura 25), foi diagnosticado apresentando pontos em vermelho (causas especiais). Na tentativa 1, de 43 pontos, foram detectados 16 pontos fora de controle, restando 27.

Todos esses pontos estando acima do limite superior de controle. Cada um dos pontos foi diagnosticado e os motivos das causas especiais, bem como o percentual de defeituosos do subgrupo racional se encontra no Quadro 02, que apresenta apenas as causas especiais que ficam acima dos limites de controle. Não foram consideradas as causas especiais abaixo dos limites.

Quadro 2: Diagnóstico das causas especiais (Tentativa 1)

Subgrupo	Data	Turno	p	Motivo(s) dos desperdícios
1	06/03/2023	Manhã	3,04%	86 desperdiçados na máquina do sopro
2	07/03/2023	Tarde	3,96%	93 engasgaram, 107 com defeito do sopro, 27 com problema na empacotadora
4	08/03/2023	Tarde	2,24%	192 itens engasgaram, 14 tampas amassadas na tampadora , 21 na empacotadora,
10	11/03//2023	Manhã	2,71%	179 itens desperdiçados na envasadora, 29 na empacotadora, 11 na tampadora, 21 itens desperdiçados na rotuladora, 48 com defeito do sopro
17	15/03/2023	Tarde	2,78%	61 perdidas na envasadora, 10 garrafinhas perdidas na empacotadora, 92 que vinham com problema da máquina sopradora
22	20/03/2023	Tarde	2,22%	20 itens desperdiçados na envasadora, 26 na empacotadora, , 73 itens desperdiçados na rotuladora, 42 com defeito do sopro
26	22/03/2023	Manhã	2,33%	10 itens desperdiçados na envasadora, 33 itens desperdiçados na rotuladora, 15 itens desperdiçados na empacotadora. 68 com defeito do sopro e 210 amassadas
28	23/03/2023	Manhã	2,13%	36 itens desperdiçados na envasadora, 110 itens desperdiçados na rotuladora, 15 itens desperdiçados na empacotadora. 64 com defeito do sopro e 31 amassadas
31	05/04/2023	Tarde	2,76%	85 itens desperdiçados na envasadora, 20 itens desperdiçados na rotuladora, 30 itens desperdiçados na empacotadora.
33	10/04/2023	Manhã	3,07%	7 itens foram desperdiçados na envasadora e 25 itens foram desperdiçados na empacotadora e 193 itens desperdiçados na rotuladora
34	20/04/2023	Tarde	3,81%	128 itens vieram com defeito da sopradora, 9 itens foram desperdiçados na empacotadora e 76 itens desperdiçados na rotuladora
35	21/04/2023	Manhã	8,78%	373 desperdiçados na máquina do sopro
37	23/04/2023	Tarde	2,41%	34 itens desperdiçados na envasadora, 20 itens desperdiçados na rotuladora, 13 itens desperdiçados na empacotadora. 19 com defeito do sopro e 16 amassadas
41	26/04/2023	Tarde	2,16%	60 itens desperdiçados na rotuladora, 43 itens desperdiçados na enchedora da envasadora, 11 itens desperdiçados na empacotadora.
42	27/04/2023	Tarde	2,84%	69 itens desperdiçados na rotuladora, 180 itens desperdiçados na enchedora da envasadora, 37 itens desperdiçados na rosqueadora da envase.
43	28/04/2023	Tarde	3,08%	190 itens desperdiçados na envasadora, 76 itens desperdiçados na rotuladora, 25 itens desperdiçados na empacotadora.

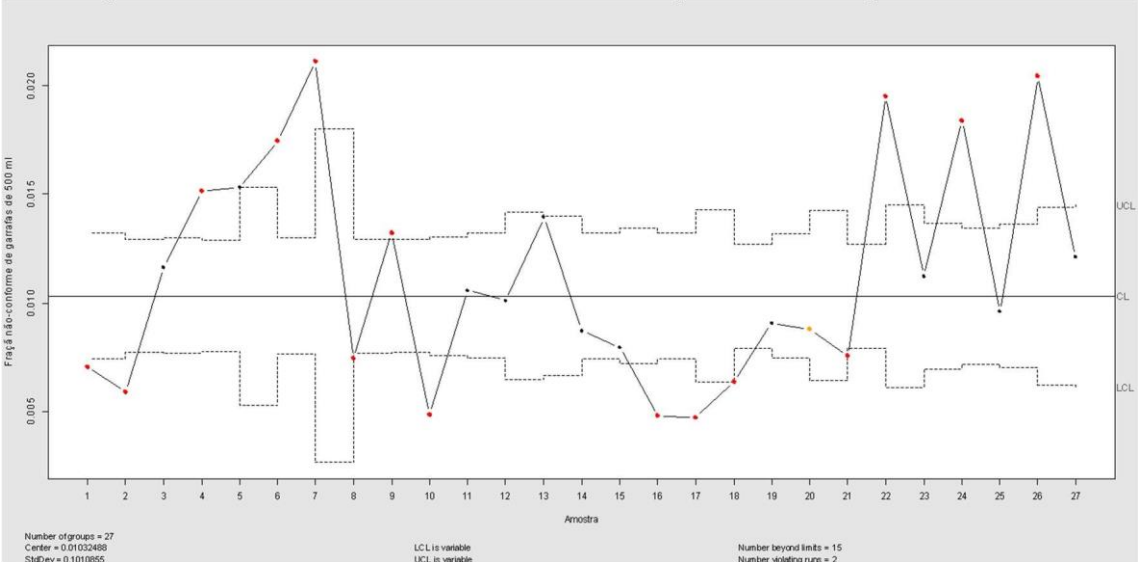
Fonte: Próprio autor (2024).

Como todos os pontos foram diagnosticados, estes poderão ser retirados do gráfico e os limites serão recalculados para os pontos que sobraram (sendo então, chamada de tentativa 2, tendo agora, o gráfico com 27 pontos). Dessa forma, foi possível construir o gráfico de controle p novamente, conforme demonstrado na Figura 26.

Nessa nova representação gráfica, pode-se observar que dos 27 pontos, 7 estavam fora de controle, já que estavam situados acima do limite superior de controle. O resultado obtido nesse gráfico apresenta novamente pontos fora de controle, uma vez que o processo ainda não

está se comportando dentro dos limites estabelecidos, ou seja, não está funcionando como deveria.

Figura 26: Gráfico de controle da fração não-conforme p - Tetativa 2 (27 pontos)



Fonte: Próprio Autor (2024).

Ainda é preciso investigar as causas e corrigi-las. É possível ver o diagnóstico dessas causas no Quadro 3 (Tentativa 2). Ele fornece informações importantes sobre os 7 pontos identificados como estando fora do controle. Esses pontos fora de controle foram observados na Figura 26. O Quadro 3, ajuda a entender melhor o que está acontecendo com essas amostras, apresentando os motivos dos desperdícios, devido isso ser muito significativo para o entendimento da questão.

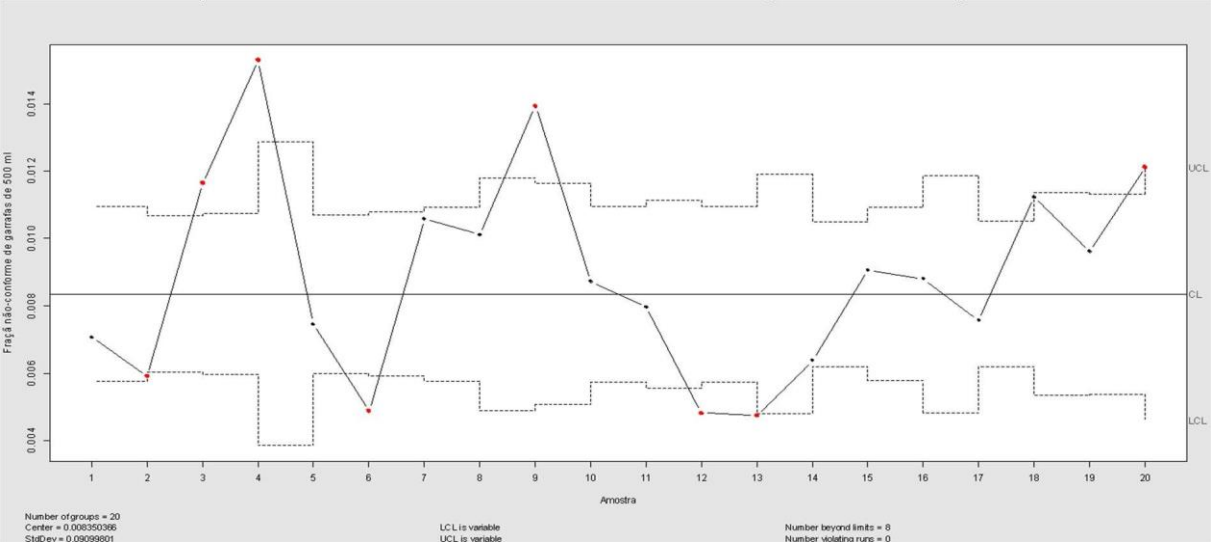
Quadro 3:Diagnóstico das causas especiais (Tentativa 2)

Subgrupo	Data	Turno	p	Motivo(s) dos desperdícios
4	09/03/2023	Dia todo	1,51%	212 desperdiçados na máquina do sopro
6	10/03/2023	Dia todo	1,74%	226 na máquina do sopro do dia
7	11/03/2023	Manhã	2,11%	33 desperdiçados na máquina do sopro
9	13/03/2023	Dia todo	1,32%	182 desperdiçados na máquina do sopro
22	24/03/2023	Tarde	1,95%	173 desperdiçados na máquina do sopro
24	22/02/2023	Dia todo	1,84%	113 desperdiçados na máquina do sopro
26	24/04/2023	Tarde	2,04%	48 itens desperdiçados na rosqueadora da envasadora, 47 itens desperdiçados na rotuladora, 18 itens desperdiçados na empacotadora.

Fonte: Próprio Autor (2024).

Depois da identificação das causas especiais, deve-se continuar a análise com o aprofundamento do estudo. Para fazer isso, foi construído um novo gráfico de controle que agora inclui um total de 20 pontos. De acordo com a Figura 27, é fácil notar que o gráfico de controle da fração não-conforme ainda não está sob controle estatístico.

Figura 27: Gráfico de controle da fração não-conforme p Tentativa 3 (20 pontos)



Nesse caso, o processo continua fora de controle, porque as amostras permanecem aparecendo acima do limite superior do gráfico, sendo detectadas 4 amostras fora de controle. Isso indica que o processo de produção ainda está gerando um número significativo de embalagens PET com defeito. O quadro 4 ilustra os motivos das causas especiais. Após esse diagnóstico, foi dado sequência à análise para aprofundamento do estudo.

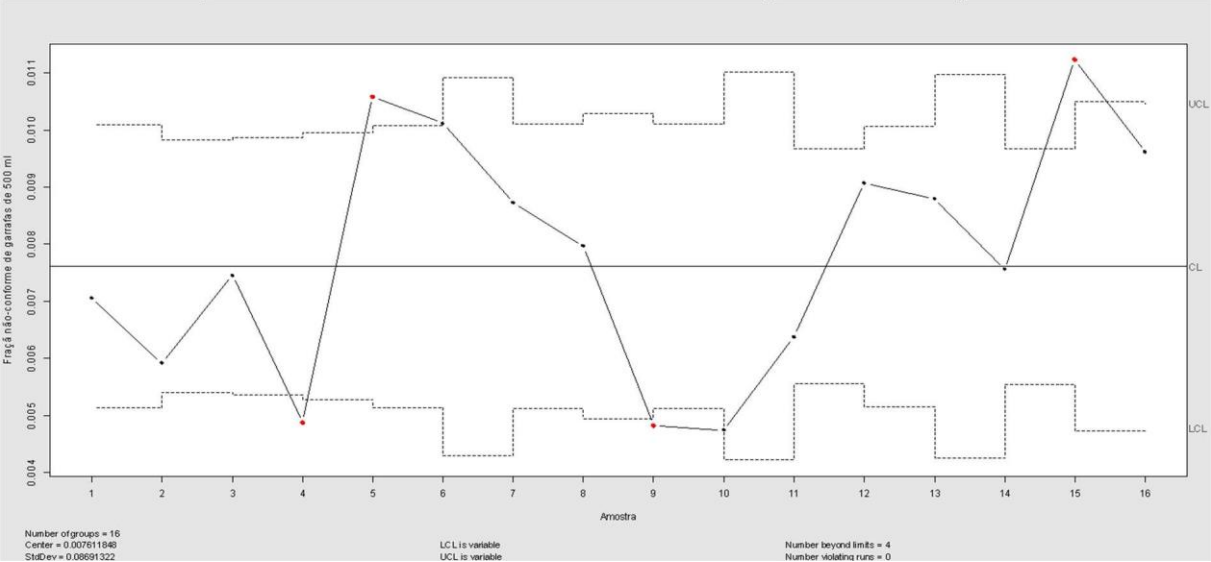
Quadro 4: Diagnóstico das causas especiais (Tentativa 3)

Subgrupo	Data	Turno	p	Motivo(s) do desperdícios
3	09/03/2023	Tarde	1,16%	112 itens desperdiçados na envasadora , 23 na empacotadora, 17 itens desperdiçados na rotuladora
4	10/03/2023	Tarde	1,53%	29 na envasadora, 19 itens desperdiçados na rotuladora, 8 itens desperdiçados na empacotadora
9	16/03/2023	Manhã	1,39%	54 itens desperdiçados na envasadora, 22 itens desperdiçados na rotuladora, 20 itens desperdiçados na empacotadora
20	25/04/2023	Tarde	1,21%	44 itens desperdiçados na rosqueadora da envasadora, 6 itens desperdiçados na rotuladora, 14 itens desperdiçados na empacotadora.

Fonte: Próprio Autor (2024).

Uma vez diagnosticadas as causas especiais, deve-se continuar a investigação recalculando os limites do gráfico para ajustar o processo. De acordo com a Figura 28, o gráfico ainda continua fora de controle. Dessa vez, a tentativa 4 apresenta um total de 16 pontos, onde 2 estão fora de controle estatístico.

Figura 28: Gráfico de controle da fração não-conforme p Tentativa 4 (16 pontos)



Fonte: Próprio autor (2024).

É possível observar no Quadro 5, que as causas especiais estão destacadas em dois pontos 5 e 15. Essas amostras estão fora de controle estatístico. Os motivos que levaram esses pontos a serem considerados como fora de controle, são as razões que estão por trás de suas causas especiais. Pode-se observar que o 5º subgrupo racional tem como principal motivo o desperdício das embalagens na máquina do sopro, e a amostra 15, destaca itens desperdiçados na envasadora, rotuladora e empacotadora.

Quadro 5: Diagnóstico das causas especiais (Tentativa 4)

Subgrupo	Data	Turno	p	Motivo(s) do desperdícios
5	14/03/2023	Dia todo	1,06%	118 desperdiçados na máquina do sopro
15	06/04/2023	Manhã	1,12%	7 itens desperdiçados na envasadora, 53 itens desperdiçados na rotuladora, 22 itens desperdiçados na empacotadora.

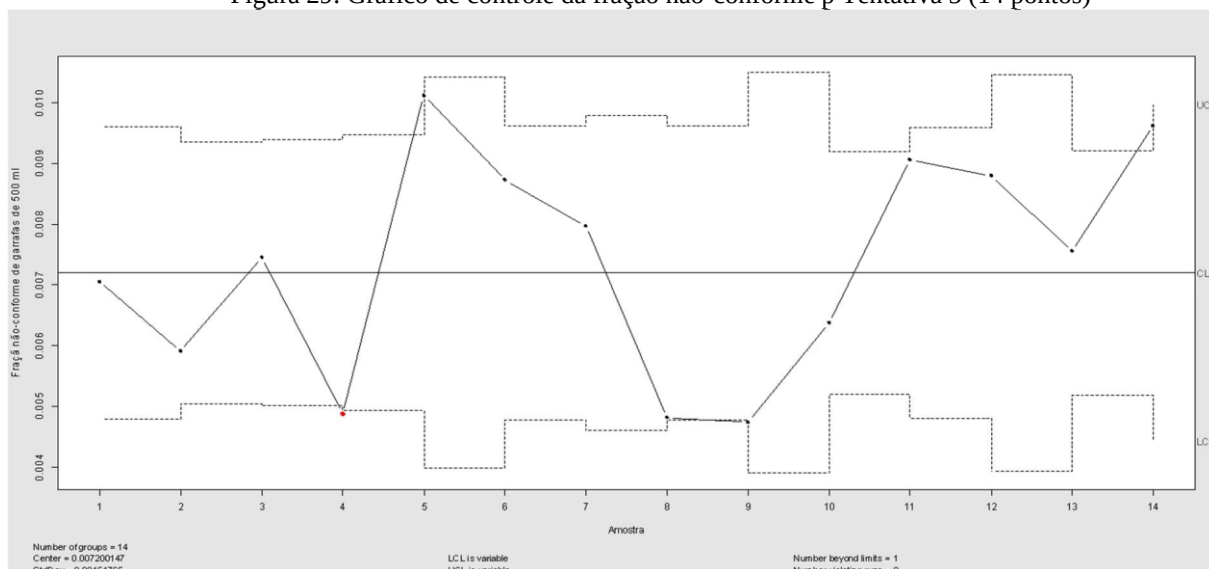
Fonte: Próprio autor (2024).

Como ainda existem amostras fora de controle estatístico, partiu-se para mais uma tentativa, prosseguindo os estudos. A Figura 29 mostra a quinta tentativa, onde foram constatados 14 pontos dentro do limite permitido. Dessa vez temos o processo sob controle estatístico. O gráfico não está mais indicando garrafas com o percentual de defeito acima do tolerável. A partir da Figura 29, não foram mais encontrados pontos acima do limite superior.

Assim, pode-se afirmar que o processo se encontra sob controle estatístico, uma vez que não se tem mais a produção de embalagens de garrafas PET de 500ml fora das especificações. Isso significa que foi possível ajustar o processo no gráfico da fração não conforme do problema que resultava na produção de embalagens de garrafas PET de 500 ml que não atendiam às especificações desejadas.

Vale salientar, ainda sobre a Figura 29, que é possível observar que o quarto subgrupo racional estava abaixo do limite inferior de controle, no entanto, após constatado que a amostra foi coletada corretamente, isso foi retratado como um percentual baixo de itens defeituosos, logo, não foi considerado uma causa negativa, visto que baixa fração de itens com defeito é algo positivo para a empresa. Como não se teve nenhum ponto acima dos limites de controle, o processo foi considerado sob controle em relação à fração não-conforme do desperdício de garrafas PET de 500 ml.

Figura 29: Gráfico de controle da fração não-conforme p Tentativa 5 (14 pontos)



Fonte: Próprio autor (2024).

4.3 Análise das causas especiais

A etapa seguinte consistiu em investigar o motivo das causas especiais detectadas nos gráficos de controle Figuras 25 a 28. Todos esses pontos foram coletados para criar um *ranking*, para analisar os motivos de maior ocorrência.

Foi construída uma tabela com os defeitos que mais apareciam. Com base nesses dados, foram identificados 7 principais pontos críticos, como é ilustrado na Tabela 01, que mostra o *ranking* da maior quantidade para menor, com os motivos dos defeitos em ordem decrescente. Entre os principais pontos críticos que foram diagnosticados, se destacam o Sopro, a Envasadora e a Rotuladora. A maior atenção deve ser dada de imediato aos defeitos mais fortes que são os três primeiros.

Foram detectadas 5103 garrafas defeituosas durante o controle de qualidade. Esse número representa o desperdício dessas embalagens que não atenderam ao padrão da qualidade e não podem ser comercializadas. Por isso, a importância de identificar os defeitos para melhorar o processo de produção na confecção dessas garrafas PET. Para tornar evidente esses problemas, o *ranking* da Tabela 01 mostra em detalhes os defeitos mais repetitivos do processo de produção.

Tabela 01: Ranking dos defeitos mais repetitivos

Tipo de defeitos	Nº de def	%	% Acumulado
Sopro	2084	40,8%	40,8%
Envasadora	1176	23,0%	63,9%
Rotuladora	915	17,9%	81,8%
Empacotadora	361	7,1%	88,9%
Engasgada	285	5,6%	94,5%
Amassada	257	5,0%	99,5%
Tampadora	25	0,5%	100,0%
Total	5103	100%	-

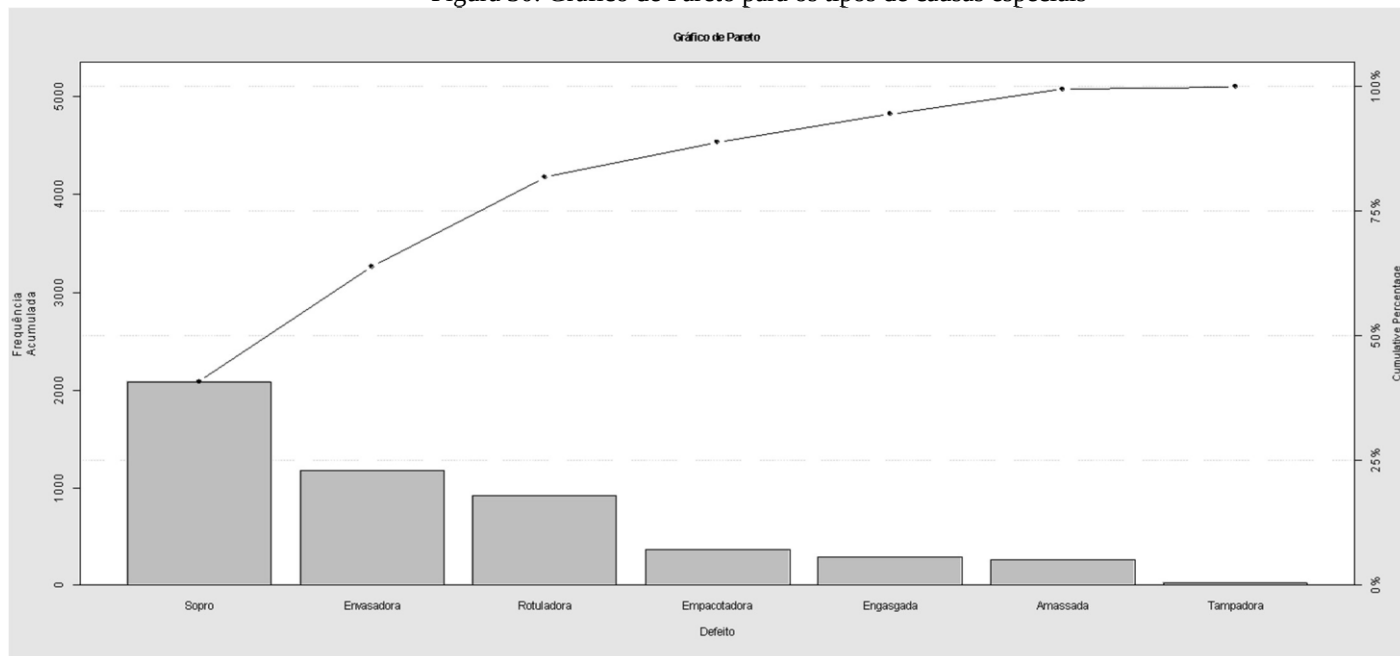
Fonte: Próprio autor (2024).

Entre os principais pontos críticos que foram diagnosticados, se destacam o Sopro, a Envasadora e a Rotuladora. A maior atenção deve ser dada de imediato aos defeitos mais fortes que são os três primeiros.

Então, com base nesses dados, foi construído o diagrama de Pareto. Somando os três primeiros defeitos, tem-se **81,8%** dos defeitos. Isso é representado no diagrama de Pareto, onde são mostrados os defeitos com maior incidência e os de menor. Com base nessa representação

gráfica, pode-se observar que o diagrama evidencia os pontos críticos de maior destaque, mostrando o comportamento deles, como é ilustrado na Figura 30.

Figura 30: Gráfico de Pareto para os tipos de causas especiais



Fonte: Próprio autor (2024).

Com base nas informações da Figura 30 e Tabela 01, foi elaborado o diagrama de causa e efeito para cada uma das 3 causas especiais que somadas, representam 81,8% da incidência dos motivos de peças defeituosas. A Figura 31 ilustra o diagrama para o caso da máquina de sopro, a Figura 32 representa a máquina de envase, por fim, a Figura 33 ilustra a máquina do rótulo. Nos diagramas são apresentados os motivos de ocorrência para cada um, para explicar o motivo dos erros de maior impacto que acontecem. Assim, veremos os motivos dos desperdícios que mais afetam a empresa.

4.3.1 Máquina de Sopro

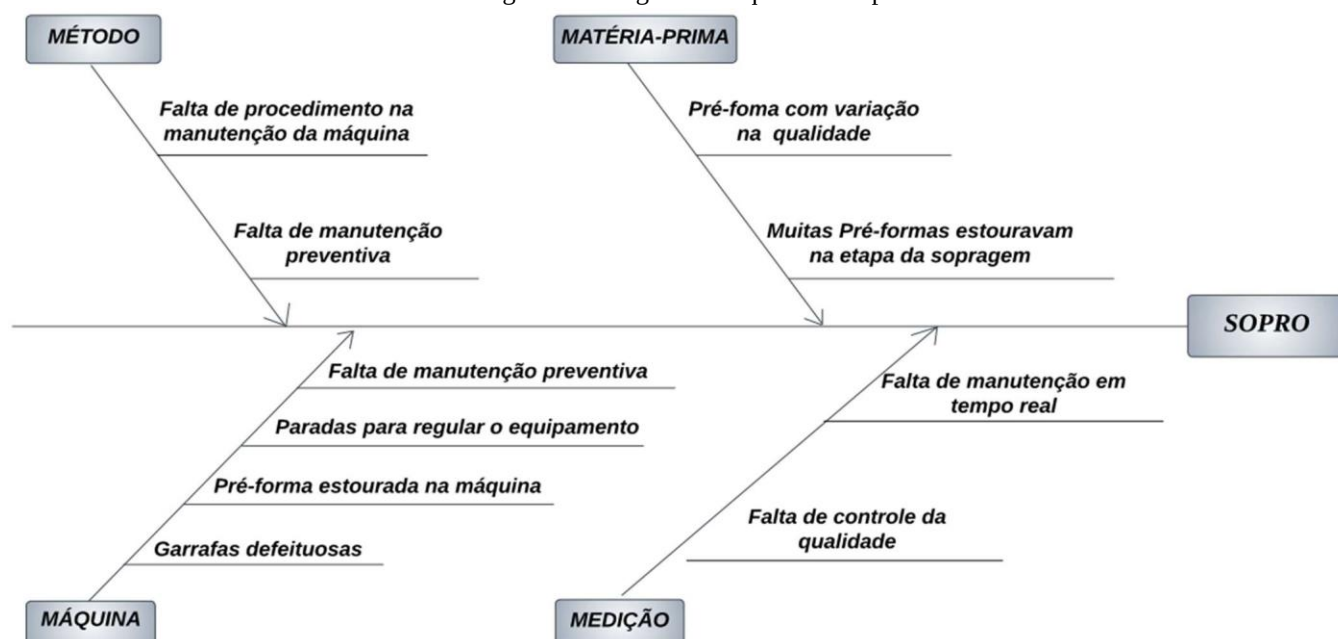
É apresentado na Figura 31, o diagrama de causa e efeito da máquina de sopro, com relação aos motivos que estão influenciando na ocorrência desta causa especial. Sobre o **método**, foi observado na empresa que não havia o devido acompanhamento na máquina; ela apenas funcionava. Além disso, devido a falta de procedimento, também não ocorria manutenção preventiva.

Com relação à **matéria-prima**, foi constatado que a pré-forma apresenta variação na qualidade, resultando em muitas pré-formas “estouradas” na etapa de sopragem. Isso pode ocorrer devido a defeitos na máquina ou na própria pré-forma, no momento em que esta inicia o processo de sopragem para se transformar na embalagem de plástico.

Em relação à **máquina**, foi detectado na empresa que não havia manutenção preventiva, visto que a máquina funcionava frequentemente sem receber manutenção. Isso ocasionava um grande número de pré-formas que estouravam na máquina, bem como muitas delas já transformadas em embalagens de plástico que saíam defeituosas, isso resultava em constantes paradas para regular o equipamento.

Com relação à **medição**, foi observado que não havia uma fiscalização rigorosa e criteriosa nos processos de produção das garrafinhas PET. Como faltava manutenção em tempo real, não se tinha uma investigação mais precisa sobre cada processo. Com isso, faltava controle da qualidade nos processos de produção, porque não tinha controle detalhado.

Figura 31: Diagrama Máquina do Sopro



Fonte: Próprio Autor (2024).

4.3.2 Máquina de Envase

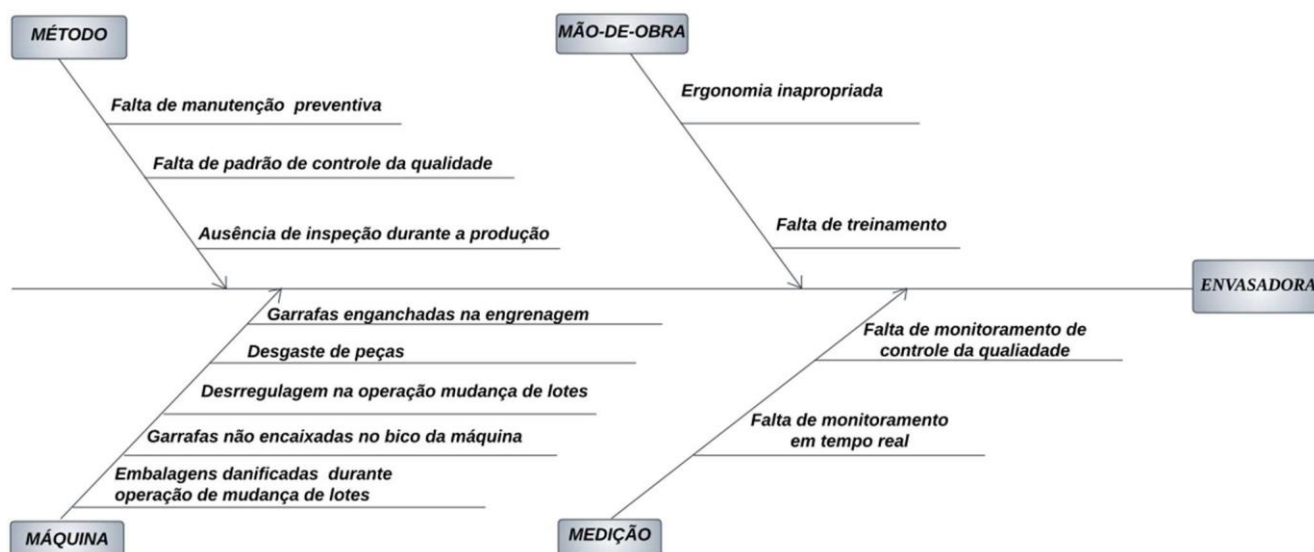
É ilustrado na Figura 32, o diagrama de causa e efeito da máquina de envase, com relação aos motivos que estão influenciando na ocorrência desta causa especial. Com relação ao **método**, foi observado na empresa, a falta de manutenção preventiva. Isso se deve ao fato de que durante o processo de produção, ocorriam falhas mecânicas de forma repentina. Não havia um padrão estabelecido para o controle de qualidade, como a observação dos processos e a detecção de erros. Além disso, devido à ausência de inspeção durante a produção, as operações eram realizadas sem uma supervisão especializada.

Em relação à **mão-de-obra**, foi constatado ergonomia inadequada. Como a máquina sempre apresentava defeito, o operador ajustava a garrafinha no equipamento. Por exemplo: muitas vezes a embalagem não encaixava no bico da injetora de água; assim, o operador ajustava a garrafinha na máquina. Também foi observado que o operador da máquina precisava de treinamento adicional.

Com relação à **máquina**, foi detectado que ocorriam variações quando havia mudança de lotes. Ao alterar o tamanho da embalagem, o equipamento passava por ajustes para ficar do tamanho adequado (regulagem). Durante esse processo, as garrafas “enganchavam” na engrenagem da envasadora. Devido à operação de mudança do formato da garrafa para produção, era necessário fazer ajustes. Nesse processo, as garrafas PET não encaixavam no bico da injetora de água logo de início; muitas embalagens ficavam danificadas durante a produção; como a máquina apenas funcionava, também ocorria desgaste de peças.

Em relação à **medição**, foi observado que muitas vezes não era possível fazer a identificação rápida das falhas no processo, causando impactos na produção da empresa, como por exemplo: perda de tempo; produção parada e produção cancelada. Sentiu-se a falta de controle da qualidade para fazer o monitoramento diário e em tempo real, para eliminar a propagação de eventuais quebras e desgastes no equipamento.

Figura 32: Diagrama Máquina de Envase



Fonte: Próprio Autor (2024).

4.3.3 Máquina de Rótulo

É retratado na Figura 33, o diagrama de causa e efeito da máquina de rótulo, com relação aos motivos que estão influenciando na ocorrência desta causa especial. Sobre o **método**, foi observado na empresa que não havia inspeção do funcionário, e sentia-se a ausência de inspeção no equipamento, durante a produção. Muitas vezes o operador se distraía durante a operação e, conseqüentemente, não dava a atenção necessária. A máquina operava sem uma observação adequada para verificar se estava funcionando corretamente e, assim, detectar possíveis problemas.

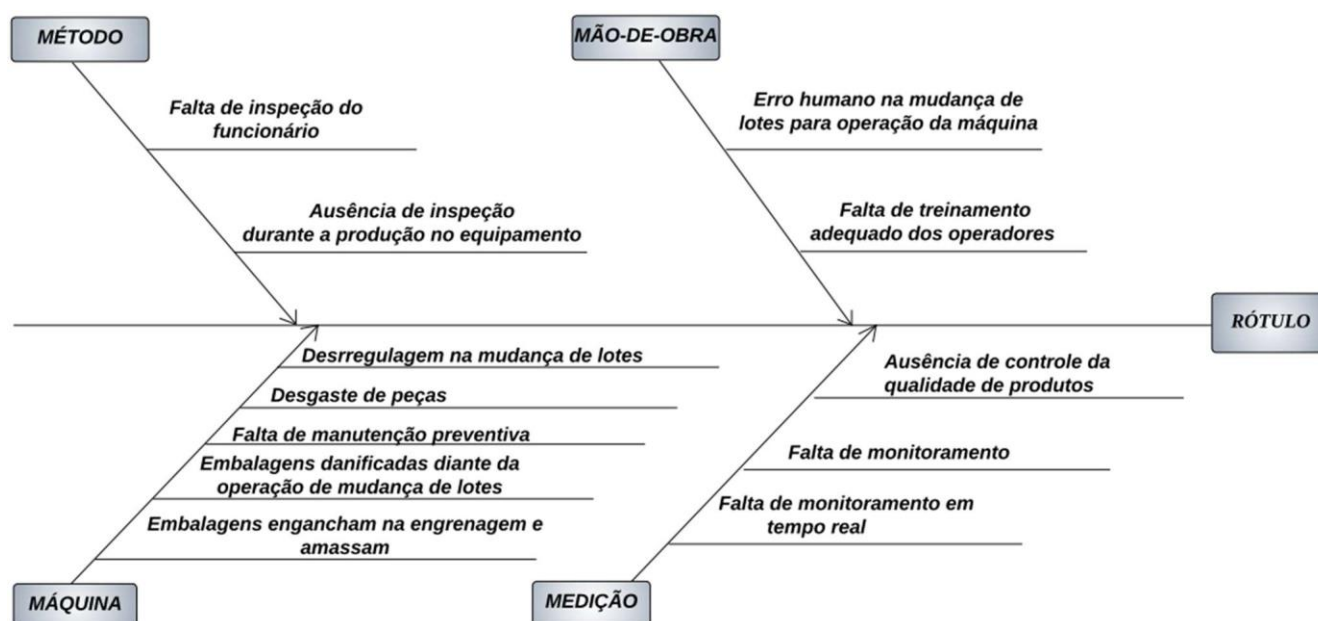
Com relação à **mão-de-obra**, foi confirmado que na empresa poderia haver erro humano na mudança de lotes para operação na máquina, já que esse processo ou mudança era realizado manualmente. Sempre ocorria a fabricação de garrafas de 1,5L e quando havia garrafas suficientes, a empresa determinava fabricar garrafas de 500ml. Nessa mudança, a máquina era preparada para receber a garrafinha em outro formato e ocorriam os problemas com o ajuste das peças. Também foi observada a falta de treinamento adequado dos operadores, em que estes realizavam ajustes na máquina sem a devida orientação técnica.

Em relação à **máquina**, foi observado na empresa que ocorriam frequentemente os mesmos problemas com a máquina do rótulo. Por exemplo, havia dificuldades com a regulagem da máquina durante a mudança de lotes, especialmente devido aos rótulos de dois tamanhos diferentes (um menor para garrafas PET de 500ml e outro maior para as de 1,5L). Durante o processo, as embalagens frequentemente sofriam danos: algumas vezes enganchavam na

esteira, outras grudavam no tambor que colava o rótulo, e em outras ocasiões, enganchavam na engrenagem da rotuladora. Além disso, devido à falta de manutenção preventiva, a máquina apresentava desgaste de peças, já que operava continuamente sem os devidos cuidados.

Com relação à **medição**, foi constatado na empresa que não havia um controle de qualidade para as embalagens de plástico. Os produtos não passavam por uma vistoria minuciosa para verificar os detalhes após a fabricação. Havia falta de monitoramento dos produtos em tempo real, para verificar se os processos estavam sendo feitos corretamente.

Figura 33: Diagrama Máquina do Rótulo



Fonte: Próprio Autor (2024).

4.4 Proposição de melhorias

Com base nas razões identificadas através dos dados avaliados e partir das Figuras 31, 32 e 33, foram sugeridas iniciativas para evitar a recorrência das causas especiais destacadas na análise deste estudo. Dessa forma, o objetivo é propor melhorias que sejam implementadas para prevenir a repetição dessas situações em relação aos problemas que foram encontrados na empresa.

Como foi apresentado, a empresa estava enfrentando um grande problema com o desperdício das embalagens de garrafas PET. Dessa forma, o desperdício se dava através de três principais máquinas (Sopro, Envasadora, Rotuladora), como apresentado no diagrama de

Pareto Figura 30. Como são máquinas que funcionam em sequência e no mesmo setor, a sugestão de melhoria engloba proposta de solução para as três.

Para essas causas especiais, foi proposto ao diretor e dono da empresa, que fizesse manutenção preventiva nas máquinas, porque seria uma forma de garantir a regulação dos seus equipamentos para poder funcionar corretamente e evitar ainda mais problemas, visto que a produção é em grande escala, e as máquinas trabalham muito tempo sem passar por manutenção.

Ao fazer esse tipo de manutenção, a empresa estudada pode evitar que os seus equipamentos sejam danificados, evitando gargalos na produção. A manutenção preventiva ajuda a reduzir esses desperdícios, evitando gastar desnecessariamente com as embalagens PET, evitando atingir o meio ambiente, além disso, o mau funcionamento dessas máquinas (Sopro, Envasadora, Rotuladora) pode comprometer a qualidade do produto e a economia financeira da empresa.

A segunda proposta de melhoria seria implementar um sistema de controle da qualidade eficiente, propondo o treinamento de colaboradores em técnicas de controle da qualidade e na identificação de problemas.

Para um sistema de controle da qualidade eficiente, seria interessante implementar ferramentas da qualidade, como os gráficos de controle, de forma contínua e acompanhar os processos de produção para melhorar os produtos e serviços, como também, aplicar novas ferramentas da qualidade, além de métodos ou novos procedimentos de trabalho.

No que se refere aos colaboradores, estes receberiam instruções e orientações sobre como executar tarefas relacionadas ao controle de qualidade de forma mais eficaz, bem como, reconhecer e lidar com problemas ou defeitos que possam surgir nas máquinas durante o processo produtivo, já que nos equipamentos, com frequência, ocorre mudança de lotes. Dessa forma, as máquinas necessitam sempre serem ajustadas para poder realizar os procedimentos de forma correta.

Com o conhecimento adequado para realizar as tarefas nas máquinas que apresentam as causas especiais de maior impacto, Figuras (31, 32, 33) os colaboradores serão capazes de compreender melhor os processos necessários para configurar as máquinas corretamente, além de saber operar a máquina com segurança para evitar risco de acidente no local de trabalho.

A terceira proposta de melhoria, seria monitorar o *Feedback* dos clientes sobre a qualidade das garrafas PET, para avaliar o controle da qualidade implementado. Dessa forma, a empresa poderia identificar mais melhorias com essas informações. Assim, a empresa

visualiza de forma contínua, informações sobre a satisfação dos clientes em relação a reclamações ou problemas referentes à qualidade dos produtos. Dessa forma, é mais fácil tomar medidas imediatas para implementar melhorias corretivas no processo de fabricação das embalagens, evitando impactos negativos para a marca da empresa. O objetivo é garantir a qualidade da pré-forma e a redução dos desperdícios.

A quarta proposta de melhoria, seria a contratação de um profissional especializado da área, com qualificação adequada. Assim, este poderia avaliar o momento certo (em termos econômicos) da substituição dos equipamentos, bem como aplicar o controle de qualidade para verificar se o processo continua sob controle, como também, treinar os operadores responsáveis pelo controle das máquinas.

A quinta proposta de melhoria consiste em realizar uma análise especializada sobre a qualidade da pré-forma comprada de outro fornecedor, uma vez que a qualidade da matéria prima tem um impacto direto na qualidade do produto, e assim, garantir a qualidade do material que vai ser utilizado na produção. Foi observado durante as visitas à empresa, que frequentemente a pré-forma estourava na máquina, sendo um considerável motivo de perda de matéria-prima durante o processo produtivo da empresa. O desperdício da pré-forma aumenta os custos de produção devido o gasto de material, além de comprometer a linha de produção das garrafas de 500ml. Portanto, é importante garantir a aquisição de um material melhor e mais adequado para utilizar no processo de fabricação.

Portanto, essas propostas de soluções apresentadas podem reduzir significativamente o desperdício de embalagens PET nas máquinas de produção. O principal objetivo é reduzir os custos, eliminar o desperdício, minimizar impactos ambientais e oferecer um produto de boa qualidade para o cliente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da indústria na produção de bens ou serviços é de fundamental importância para o crescimento econômico, criação de empregos e desenvolvimento do país. Assim, empresas de grande, médio e pequeno porte fortalecem a economia local, atendendo as necessidades da sociedade, e o controle da qualidade é indispensável para que elas sejam competitivas no mundo em constante mudança.

A empresa estudada enfrenta um grande problema com o desperdício de embalagens de garrafas PET. Com isso, o desafio enfrentado foi observar, analisar e coletar amostras para tomar medidas corretivas e encontrar uma resposta satisfatória que atendesse o desafio proposto.

Após analisar os dados e informações coletadas ao longo do estudo com o objetivo de encontrar uma solução viável para a presente empresa, ficou clara a importância do controle de qualidade. O controle da qualidade consiste em um conjunto de técnicas e procedimentos implementados para melhorar o processo de produção e garantir que os produtos finais estejam em conformidade com os padrões estabelecidos.

Na indústria de água mineral envasada, o controle da qualidade é fundamental para assegurar que a produção das garrafas PET seja monitorada em todas as etapas, garantindo a qualidade das embalagens, minimizando os desperdícios e eliminando as falhas decorrentes do processo de produção para reduzir custos desnecessários com produtos defeituosos.

Assim, o controle da qualidade não é apenas uma obrigação legal, mas também uma oportunidade para a empresa diferenciar o seu produto no mercado e consolidar sua reputação. Visto que um produto de qualidade consegue favorecer a produção dos bens e garantir as especificações desejadas.

O presente trabalho teve como objetivo responder o seguinte problema de pesquisa: *Como minimizar o desperdício de garrafas PET de 500ml produzidas em uma empresa de água mineral do RN?* Através da observação do gráfico de controle da fração não conforme, foi possível colher informações no intuito de melhorar o processo de produção.

As soluções foram desenvolvidas com base na identificação das causas especiais. Com base na execução desses procedimentos, a utilização dos diversos métodos foi satisfatória e de extrema importância para obter uma compreensão detalhada da situação da produção de garrafas PET de 500ml em relação à quantidade de peças defeituosas.

Sobre o primeiro objetivo específico: averiguar se a fração não-conforme das garrafas PET de 500ml estava sob controle estatístico, por meio do gráfico p ; foi cumprido. Na Tabela 1, é possível observar o *ranking* dos defeitos mais repetitivos. Assim como é apresentado nas Figuras 25 a 29, onde mostra a construção dos gráficos e a retirada das causas especiais, pondo fim ao monitoramento. Assim, o processo ficou sob controle estatístico e as causas especiais foram identificadas.

No que diz respeito ao segundo objetivo: construir diagramas com o mapeamento das etapas dos processos para observar as operações, foi cumprido. Conforme é mostrado nos Diagramas 1 a 4, onde pode-se ver com detalhes cada etapa das operações para fabricação das embalagens de plástico das garrafas PET de 500ml, e assim, poder visualizar e entender melhor as atividades que envolvem o processo de produção.

Com relação ao terceiro objetivo: diagnosticar as causas especiais, caso o processo esteja fora de controle estatístico, também foi cumprido. O Quadro 1 ilustra como foi realizada a coleta dos dados, que foram utilizados para fazer os gráficos de controle. Já os Quadros 2 ao 5, apresentam o diagnóstico das causas especiais de cada tentativa, que foram identificadas através dos gráficos de controle desenvolvidos no *Software R*. Assim, foi possível identificar as causas especiais mais significativas na empresa.

Em relação ao quarto objetivo: construir um diagrama de Pareto para elencar o *ranking* das causas especiais de maior impacto financeiro no processo produtivo da empresa, foi cumprido. Na Figura 30, é apresentado o gráfico de Pareto para os tipos de causas especiais. Na Tabela 01, é ilustrado de forma sequencial os principais defeitos encontrados nas operações. Entre eles, tiveram maior destaque três causas especiais, que juntas, são responsáveis por 81,8% dos defeitos e precisam urgentemente de melhorias.

Em relação ao quinto objetivo: elaborar um diagrama de causa e efeito para cada uma das causas mais especiais, foi cumprido. Os diagramas foram feitos com base nas informações da Figura 30 e Tabela 01, todos criados no *Software R*. Logo, para cada uma das três causas especiais que são responsáveis pela maior parcela de desperdícios na empresa, foi criado um diagrama de causa e efeito para cada problema, através do *Lucidchart*, como é apresentado nas Figuras (31, 32, 33), onde é possível identificar a origem dos motivos de cada problema.

Com relação ao sexto objetivo: sugerir melhorias nos processos de produção para que se possa minimizar o desperdício das garrafas PET de 500 ml no processo de produção, também foi cumprido, através de soluções para eliminar o desperdício e melhorar os processos. É muito importante que a empresa possa dar a devida atenção às orientações de melhorias, visto que é

de interesse do diretor eliminar os desperdícios com a confecção das embalagens de plástico e consequentemente reduzir os custos com as operações, para então, maximizar os lucros da empresa. Dessa forma, caso o diretor possa acatar e implementar as proposições de melhoria, a empresa terá a capacidade de operar de forma mais eficiente, reduzindo assim, o desperdício na linha de produção das embalagens das garrafas PET de 500ml.

Como limitação da pesquisa, pode-se destacar a não aplicação dos dados referentes aos garrafões de 20L e garrafas PET de 1,5L, visto que não foi possível coletar amostras suficientes, uma vez que estas foram inferiores a 30 subgrupos racionais. Para que fosse possível aplicar o controle de qualidade também nesses produtos da empresa, por limitação de tempo e recursos financeiros.

Dessa forma, sugere-se realizar uma análise dos outros produtos da empresa estudada, visto que foi constatado durante as visitas, muitos desperdícios na linha de produção destes itens que não foram objeto de estudo neste trabalho, incluindo por exemplo, as embalagens de garrafas PET de 1,5L e dos galões de 20L.

Outra sugestão para investigação em trabalhos futuros seria realizar um estudo na área da engenharia econômica, para analisar os impactos causados em decorrência dos desperdícios na confecção dos produtos, já que a empresa trabalha com três linhas de produção. Assim, não se consideraria apenas aspectos operacionais, mas também aspectos financeiros, como também, realizar uma estimativa de substituição econômica das máquinas por meio de uma avaliação do Valor Presente Líquido.

Outra sugestão seria incluir um estudo sobre a ergonomia dos colaboradores, realizando uma análise detalhada do ambiente de trabalho e identificando as tarefas realizadas pelos colaboradores, os equipamentos utilizados, os postos de trabalho e os movimentos repetitivos. Assim, seria possível identificar os riscos ergonômicos presentes no ambiente de trabalho da empresa, como posturas inadequadas, movimentos repetitivos e esforços físicos excessivos, já que não houve tempo suficiente para fazer o levantamento dessas informações.

Outra linha de investigação de grande relevância para trabalhos futuros, seria realizar uma análise mais detalhada sobre a utilização das máquinas, como registrar o tempo em que os equipamentos estão funcionando e o tempo em que ficam parados, para descobrir quais processos podem ser melhor orientados e detectar gargalos na produção e possa se ter uma otimização do uso das máquinas.

REFERÊNCIAS

ABINAM - Associação Brasileira de Águas Minerais. **Microempresas faturam 30% do mercado de água no RN.** 2023. Disponível em: www.Abinam.com.br. Acesso em: 10 jul. 2023.

ABRAMOVAY, Ricardo; SPERANZA, Juliana Simões; PETITGAND, Cécile. **Lixo zero: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera.** São Paulo: Planeta sustentável: Instituto Ethos, 2013. E-book. Acesso em: 13 jul. 2023.

ABRELPE. (2022). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022.** São Paulo: Agência Brasil. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-03/brasil-gerou-64-quilos-de-residuos-plasticos-por-pessoa-em-2022>. Acesso em: 13 jul. 2023.

ASSIRATI, Doralice Meloni. **Desenvolvimento de políticas públicas para regulação do aproveitamento econômico das águas minerais do Brasil.** 2022. 229p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BAIA, Beatriz Gallegos Farias et al. **Plástico e seus impactos ambientais.** International Studies Coepta, p. 3-4, 2020. Acesso em: 14 jul. 2023.

BITTENCOURT, Cláudia; PAULA, Maria Aparecida Silva de. **Tratamento de Água e Efluentes - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos.** São Paulo: Editora Saraiva, 2014. E-book. ISBN 9788536521770. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536521770/>. Acesso em: 09 jul. 2023.

BIZAGI MODELER. **Plataforma.** Disponível em: <https://www.bizagi.com/pt/plataforma>. Acesso em: 22 abr. 2024.

COSTA, Antonio Fernando B.; EPPRECHT, Eugenio K.; CARPINETTI, Luiz Cesar R. **Controle Estatístico de Qualidade.** São Paulo: Grupo GEN, 2005. E-book. ISBN 9786559773367. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559773367/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

DA SILVA, Ana Lúcia Mendes et al. **Avaliação da rotulagem de águas minerais envasadas e comercializadas na Região Metropolitana do Recife/PE.** Conjecturas, v. 22, n. 14, p. 366-379, 2022.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GOUVEIA, Marco Aurelio da Cruz. **Controle estatístico da qualidade.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018. 256p. Acesso em: 14 jul. 2023.

GLOBAL SOURCES. **Pré-forma garrafa PET**. Disponível em: <<https://portuguese.globalsources.com/Pr%C3%A9-forma/Pre-forma-garrafa-PET-1173687729p.htm>>. Acesso em: 15 de fev. 2024.

HOWE, Kerry J.; HAND, David W.; CRITTENDEN, John C.; TRUSSELL, R. R.; TCHOBANOGLOUS, George. **Princípios de Tratamento de Água**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016. E-book. ISBN 9788522124084. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522124084/>. Acesso em: 09 jul. 2023.

KIRCHNER, Arndt. **Gestão da qualidade**. São Paulo: Editora Blucher, 2010. E-book. ISBN 9788521215615. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215615/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Andrade Marina de. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª Ed. São Paulo. Atlas, 2003.

LANDIVA, Talita H. **Gestão da qualidade total**. São Paulo: Editora Saraiva, 2021. E-book. ISBN 9786553560529. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786553560529/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

LOUZADA, DINIZ, FERREIRA, FERREIRA. **Controle Estatístico de Processos - Uma Abordagem Prática para Cursos de Engenharia e Administração**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.

LOBO, Renato N. **GESTÃO DA QUALIDADE**. São Paulo: Editora Saraiva, 2020. E-book. ISBN 9788536532615. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532615/>. Acesso em: 06 jul. 2023.

LUCIDCHART. Quem somos. Disponível em: <<https://lucid.co/pt/quem-somos?>>> . Acesso em: 15 fev. 2024.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**, 7ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788521631873. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521631873/>. Acesso em: 16 jul. 2023.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2ª Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMOS, E.; DE ALMEIDA, S. S.; DOS REIS ARAÚJO, A. **Controle estatístico da qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>, 2023.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba. PR, Brasil. Editora Ibpx, 2012. Acesso em: 06 jul. 2023.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. – 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SCRUCCA, L. qcc: an R package for quality control charting and statistical process control. **R News** **4/1**, 11-17, 2004.

MARTINS, Roberto Antonio. **Conceitos básicos de controle estatístico da qualidade**. São Carlos : EdUFSCar, 2010. 117 p. (Coleção UAB-UFSCar).

TOLEDO, José Carlos de; BORRÁS, Miguel Ángel A.; MERGULHÃO, Ricardo C.; et al. **Qualidade - Gestão e Métodos**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2012. *E-book*. ISBN 978-85-216-2195-9. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2195-9/>. Acesso em: 06 jul. 2023.

VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em serviços de informação**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

VIEIRA, Sônia. **Estatística para a Qualidade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2014.