

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JASMIM VITÓRIA HIGINO DA SILVA**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA EMPRESA DE  
PRODUTOS AUTOMOTIVOS**

**CAMPO GRANDE, MS, BRASIL  
2024**

JASMIM VITÓRIA HIGINO DA SILVA

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA EMPRESA DE  
PRODUTOS AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à coordenação do Curso de  
Engenharia de Produção da Universidade Federal  
de Mato Grosso do Sul como requisito parcial  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Lucas de  
Oliveira

CAMPO GRANDE, MS, BRASIL  
2024

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por ter me dado forças para nunca desistir de me formar, apesar das dificuldades. Gostaria de agradecer à minha família, em especial à minha mãe que sempre me apoiou, me animou e fez de tudo para que eu pudesse me dedicar aos estudos. Gostaria de agradecer aos meus professores que me ensinaram tudo o que é necessário para ser uma profissional ética. Em especial ao professor Marcos Lucas de Oliveira que aceitou ser meu orientador de TCC, me deu dicas valiosas e me fez entender verdadeiramente a relevância de um engenheiro de produção. Ao professor Rafael Sanaiotte Pinheiro que foi meu orientador de projeto de extensão por dois anos e que tornou o processo de aprendizado didático e agradável. Gostaria de agradecer à empresa e aos colaboradores que permitiram que eu realizasse o estudo de caso, em especial ao Júlio César que me acompanhou em todos os momentos e me ensinou com brilho nos olhos todos os detalhes que eu não conhecia sobre controle estatístico de processos. Por fim, gostaria de agradecer aos meus amigos que compartilharam comigo as alegrias e as tristezas da faculdade, com vocês tudo ficou mais leve. Essa jornada me fez crescer tanto profissionalmente quanto pessoalmente e sou muito grata por tudo.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.2 Organização do Trabalho	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>11</b>
2.1 Gestão da Qualidade	11
2.2 ISO 9001	12
2.3 Controle de Volume	12
2.4 Controle Estatístico de Processo	18
2.5 Ciclo PDCA	21
2.6 Análise Multivariada de Dados	23
<b>3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO</b>	<b>23</b>
3.1 Caracterização da Pesquisa	23
3.2 Local de Estudo	24
3.3 Técnicas de Pesquisa	25
<b>4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS</b>	<b>25</b>
4.1 Oportunidade de Melhoria	25
4.2 Análise de Dados do Histórico do Problema	25
4.3 Perdas Atuais e Ganhos Viáveis	29
4.4 Mapeamento do Processo da “Linha 2”	29
4.5 Brainstorming	35
4.6 Diagrama Ishikawa	40
4.7 Matriz de priorização	42
4.8 5 Porquês	45
4.9 5W2H	51
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>55</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b>	<b>56</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de um gráfico de processo sob controle	18
Figura 2: Exemplo de um gráfico de processo fora de controle	19
Figura 3: Diagrama de Ishikawa	22
Figura 4: Histograma do Cpk dos lotes dos produtos de 100mL da “linha 2”	26
Figura 5: Captura de tela de parte da carta controle dos 56 lotes dos produtos de 100mL da “linha 2”	27
Figura 6: Matriz de correlação das variáveis dos lotes dos produtos de 100mL da linha 2	28
Figura 7: Mapeamento do processo de pré-produção da “linha 2”	30
Figura 8: Mapeamento do processo geral de -produção da “linha 2”	32
Figura 9: Mapeamento processo de envase da “linha 2”	33
Figura 10: Mapeamento do ritmo de produção da linha 2	34
Figura 11: Mapeamento do monitoramento de peso da “linha 2”	35
Figura 12: Indicador de nível da balança da “linha 2”	38
Figura 13: Bolhas de ar nas mangueiras da linha 2	39
Figura 14: Diagrama de Ishikawa das causas do problema da “linha 2”	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro - 1: Definições sobre conteúdo líquido	13
Quadro - 2: Tolerâncias Individuais Permitidas	14
Quadro - 3: Amostra para Controle	15
Quadro - 4: Definições sobre conteúdo líquido	16
Quadro - 5: Condições em que o requisito (i) da Portaria Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022	17
Quadro - 6: Fórmulas das médias, amplitude e desvio padrão	20
Quadro - 7: Classificação da pesquisa	24
Quadro - 8: Brainstorming	35
Quadro - 9: Informações técnicas da balança da “linha 2”	36
Quadro - 10: Matriz de priorização das causas do problema da linha 2	43
Quadro - 11: 5 Porquês das causas mais prováveis do problema da “linha 2”	46
Quadro - 12: 5W2H	52

## LISTA DE SIGLAS

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas;

**B2B:** *Business to Business* (Empresa para Empresa);

**B2C:** *Business to Consumer* (Empresa para Consumidor);

**IBC:** *Intermediate Bulk Containers* (Contentor Intermediários para Granel)

**INMETRO:** Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial;

**ISO:** *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização);

**PDCA:** É o acrônimo das palavras em inglês *Plan* (planejar), *Do* (fazer), *Check* (verificar) e *Act* (agir) e cada uma delas é uma etapa do processo de solução de problemas e melhoria contínua; e

**SI:** Sistema Internacional de Unidades.

## RESUMO

O presente trabalho visou propor melhorias no processo de envase de todos os produtos de 100ml da “linha 2” de uma fábrica de produtos automotivos ( líquidos de arrefecimento, limpa parabrisas e aditivos de combustível), de modo a atender aos limites de especificação e alcançar um Cpk de 1,33. Para identificar a causa raiz do problema, foram seguidas as etapas do ciclo PDCA, especificamente a fase de planejamento (Plan), utilizando ferramentas de qualidade como brainstorming, diagrama de Ishikawa, matriz de priorização, 5 porquês e 5W2H. Os procedimentos revelaram que a principal causa da incapacidade do processo de atender aos limites de especificação é a variação de envase em cada bico. Outras causas prováveis incluem o envase em desacordo com o projeto da máquina e o acúmulo de sujeira nas peneiras dos bicos, além da geração de bolhas de ar dentro dos bicos de envase. Com base nesses achados, foram propostas oito melhorias: (i) Elaborar uma instrução de trabalho para reiniciar a produção após uma pausa; (ii) Realizar um estudo de viabilidade econômica para a aquisição de uma máquina adequada para todos os produtos da linha 2; (iii) Criar uma instrução de trabalho para orientar os operadores na limpeza das peneiras dos bicos de envase; (iv) Complementar o quadro Gemba com instruções de trabalho para facilitar o acesso; (v) Criar uma instrução de trabalho para inspeção visual das gaxetas dos pistões; (vi) Revisar o planejamento de manutenção preventiva da linha 2; (vii) Atualizar a tabela DCSG 05, que configura o painel da envasadora da linha 2; e (viii) Elaborar uma instrução de trabalho para configurar mecanicamente os pistões da máquina. As melhorias propostas são essenciais para que o processo de envase dos produtos de 100ml da “linha 2” alcance os limites de especificação desejados e um Cpk de 1,33. Recomenda-se que estudos futuros continuem com as etapas subsequentes do ciclo PDCA, baseando-se no planejamento realizado neste trabalho. Dessa forma, será possível aprimorar continuamente o processo de envase, garantindo qualidade e eficiência na produção.

**Palavras-chave:** Ferramentas da qualidade; PDCA; Diagrama de Ishikawa.

## ABSTRACT

The present work aimed to propose improvements in the filling process of 100ml products on the "line 2" of an automotive products factory, in order to meet specification limits and achieve a Cpk of 1.33. To identify the root cause of the problem, the steps of the PDCA cycle were followed, specifically the planning phase (Plan), using quality tools such as brainstorming, Ishikawa diagram, prioritization matrix, 5 whys, and 5W2H. The procedures revealed that the main cause of the process's inability to meet specification limits is the variation in filling at each nozzle. Other probable causes include filling not in accordance with the machine's design and the accumulation of dirt in the nozzle screens, as well as the generation of air bubbles inside the filling nozzles. Based on these findings, eight improvements were proposed: (i) Develop a work instruction\*\* for restarting production after a pause; (ii) Conduct an economic feasibility study for the acquisition of a machine suitable for all products on line 2; (iii) Create a work instruction to guide operators in cleaning the nozzle screens; (iv) Complement the Gemba board with work instructions to facilitate access; (v) Create a work instruction for visual inspection of the piston seals; (vi) Review the preventive maintenance plan for line 2; (vii) Update the DCSG 05 table, which configures the panel of the line 2 filling machine; e (viii) Develop a work instruction for mechanically configuring the machine's pistons. The proposed improvements are essential for the filling process of 100ml products on "line 2" to meet the desired specification limits and achieve a Cpk of 1.33. It is recommended that future studies continue with the subsequent stages of the PDCA cycle, based on the planning carried out in this work. In this way, it will be possible to continuously improve the filling process, ensuring quality and efficiency in production.

**Keywords:** Quality tools; PDCA; Ishikawa diagram.



## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria automobilística está em constante crescimento. Prova disso é que a produção de veículos leves e pesados no Brasil em 2023 foi de 2.325 unidades e a projeção para o ano de 2024 é de 2.470 unidades (ANFAVEA,2024). Além disso, de acordo com a OICA (Organização Internacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), em 2022 a venda global de veículos atingiu a impressionante marca de 81.628.533 unidades.

Consequentemente, os setores de produtos e serviços relacionados a esse setor industrial estão sendo impulsionados. Por exemplo, há uma grande demanda por aditivos de combustível, fluidos de freio, produtos de higienização, de manutenção e de transmissão, além de produtos para cuidados com o carro (*Car Care*) e para sistemas de arrefecimento. Os dados voltados apenas para os produtos de cuidados com o carro corroboram essa afirmação, uma vez que o tamanho do mercado de produtos de cuidados automotivos foi avaliado em US\$10.31 bilhões em 2020 e deve atingir US\$15.05 bilhões até 2029 (EXACTITUD CONSULTANCY, 2022).

Ademais, os produtos automotivos são produzidos em indústrias do ramo químico e seus principais compradores são montadoras, concessionárias, mecânicas, postos de combustível, entre outras. Os compradores, por sua vez, vendem os produtos automotivos para o consumidor final. Apesar do cenário favorável, apenas as empresas que possuem uma boa gestão da qualidade se tornaram competitivas no mercado, afinal, só é possível obter lucro se as necessidades dos clientes forem atendidas e os custos operacionais forem reduzidos. De acordo com Werkema (2014), todos os processos produtivos possuem variabilidade.

Na hipótese de uma indústria de produtos automotivos não ter o controle dessa variabilidade as necessidades dos consumidores podem não ser atendidas, isso provocará a perda de clientes e o decaimento do lucro. Sob essa perspectiva, para realizar uma boa gestão da qualidade, que é definida como atividades que controlam e garantem a qualidade dos produtos (ISO 8402, 1994), é necessário seguir os requisitos da ISO 9001:2015. Essa norma especifica o que uma organização deve fazer para fornecer consistentemente produtos e serviços que atendam ao cliente.

A ISO 9001 instrui, por exemplo, que se deve utilizar o ciclo PDCA (*Plan* - planejar, *Do* - fazer, *Check* - Checar, *Action* - agir) para gerenciar os processos. Além disso, aponta que as organizações devem atender alguns requisitos legais. Sobre estes, para o caso das indústrias

químicas que produzem produtos automotivos líquidos, é necessário seguir as regras da Portaria do Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008 e da Portaria do Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022.

Estas portarias estabelecem que é necessário avaliar todos os lotes produzidos, por meio de amostragem, para garantir que os produtos atendam aos requisitos previstos. Por fim, a ISO 9001:2015 prevê que a organização deve conduzir uma análise crítica antes de se comprometer a fornecer produtos e serviços a um cliente. Essa análise crítica pode ser feita a partir do Controle Estatístico de Processos (CEP), já que a partir dele são feitos gráficos de controle que servem para o monitoramento da variabilidade do processo (MONTGOMERY, 2016). O CEP possibilita estudar a capacidade do processo por meio dos índices Cp e Cpk que indicam, respectivamente, a capacidade do processo satisfazer às especificações e a capacidade do processo atingir o valor nominal da especificação (MONTGOMERY, 2016).

Em outras palavras, o Cp mede a capacidade potencial e o Cpk mede a capacidade efetiva do processo. O principal problema é nenhuma ação ser tomada quando o Cp e o Cpk indicam que os processos precisam de melhorias. A empresa estudada já realiza a gestão da qualidade e o controle estatístico do processo, possui certificação ISO 9001:2015 e segue as regras da Portaria do Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008 e da Portaria do Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022. Contudo, ela enfrenta dificuldades para obter um Cpk maior ou igual a 1,33 na linha de produção 2. Portanto, torna-se necessário encontrar a causa raiz do problema e propor melhorias.

Diante disso, o objetivo geral deste trabalho é propor melhorias para o processo de envase dos produtos de 100ml da “linha 2” de uma fábrica de produtos automotivos e assim torná-lo capaz de atender os limites de especificação e obter Cpk igual a 1,33. Além disso, com o objetivo específico de encontrar a causa raiz do problema deve-se realizar todas as etapas da primeira parte do Ciclo PDCA, o *Plan* (planejar) por meio das seguintes ferramentas de qualidade: brainstorming, Ishikawa, matriz de priorização, 5 porquês e 5W2H.

## **1.2 Organização do Trabalho**

No capítulo atual, é apresentado o problema da pesquisa, a justificativa e os objetivos da pesquisa. No segundo capítulo, é abordada a fundamentação teórica que explica os seguintes tópicos: Gestão da Qualidade, ISO 9001, Controle de Volume, Controle Estatístico de Processos, Ciclo PDCA e Análise Multivariada de Dados. No terceiro capítulo, é demonstrado os procedimentos metodológicos que explicam a característica da pesquisa e as

técnicas de pesquisa. No quarto capítulo, é tratado o desenvolvimento e os resultados da pesquisa. No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões. Por fim, no sexto capítulo, são apresentadas as referências.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Este capítulo visa explicar os conceitos, termos e metodologias utilizadas no trabalho com base na literatura.

### **2.1 Gestão da Qualidade**

O termo qualidade possui distintas definições, podendo ser transcendental, baseada no produto, no usuário, na produção e no valor (CARVALHO; PALADINI, 2012). Contudo, de acordo com a ISO 8402:1994, o termo qualidade é definido como a totalidade de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas. Já a Gestão da Qualidade é o conjunto de atividades que controlam e garantem a qualidade dos produtos e/ou serviços de uma organização, além disso, engloba o planejamento e a melhoria da qualidade (ISO 8402:1994).

Para entender melhor o conceito da Gestão da Qualidade, é necessário compreender a evolução do termo. De acordo com Carvalho e Paladini (2012), o advento da Revolução Industrial fez com que a customização dos produtos fosse substituída pela padronização e pela produção em massa. Diante desse acontecimento, o trabalho foi fragmentado e a linha de produção foi implementada. Necessidades surgiram dessa nova realidade, por exemplo, a função de inspetor foi criada para analisar a qualidade dos produtos. Dessa forma, houve uma grande evolução do conceito de controle da qualidade. Todavia, nessa época, alguns aspectos importantes da Gestão da Qualidade Moderna foram deixados de lado, como o conhecimento das necessidades dos clientes e a participação do trabalhador.

Em 1924, Walter A. Shewhart criou os gráficos de controle ao fundir conceitos de estatística à realidade produtiva de uma empresa de telefonia, além disso, ele propôs o ciclo PDCA (*plan-do-check-act*), que direciona as atividades de solução de problemas (CARVALHO; PALADINI, 2012). Na década de 1930, com a criação de sistemas de medidas, de ferramentas de controle estatístico do processo, de normas e de técnicas de amostragem o controle de qualidade evoluiu ao ponto de provocar conquistas significativas durante a Segunda Guerra Mundial (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Na década de 1980, de acordo com Carvalho e Paladini (2012), surgiu na Motorola o programa mais recente de Gestão da Qualidade, o Seis Sigma. Ele apresenta o pensamento estatístico com ênfase no controle da qualidade e na análise e solução de problemas. Já em 1987, surgiu o modelo normativo da ISO (*International Organization for Standardization - Organização Internacional para Padronização*) para a área de Gestão da Qualidade. A partir da evolução da Gestão da Qualidade, do aprimoramento das técnicas de controle de processos e da criação de ferramentas da qualidade, foi possível criar uma relação de custo-benefício para as empresas, uma vez que a partir de sua implementação é possível reduzir desperdícios e aumentar o lucro.

## **2.2 ISO 9001**

A ISO 9001, prevista pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especifica os requisitos para um sistema de Gestão da Qualidade quando uma organização precisa demonstrar sua capacidade de fornecer consistentemente produtos e serviços que atendam ao cliente e requisitos estatutários e regulamentares aplicáveis. Além disso, visa aumentar a satisfação do cliente através da aplicação eficaz do sistema, incluindo processos para melhoria do sistema e garantia de conformidade com o cliente. Todos os requisitos desta norma são genéricos e destinam-se a ser aplicáveis a qualquer organização, independentemente do seu tipo ou tamanho, ou dos produtos e serviços que fornece.

A norma contém dez requisitos: (1) escopo; (2) referência normativa; (3) termos e definições; (4) contexto da organização; (5) liderança; (6) planejamento; (7) apoio; (8) operação, (9) avaliação de desempenho; e (10) melhoria. No requisito 8.2.3.1 é previsto que a organização deve conduzir uma análise crítica antes de se comprometer a fornecer produtos e serviços a um cliente. Em resumo, a empresa deve atender aos requisitos especificados pelo cliente; os requisitos não declarados pelo cliente, mas necessários para o uso especificado ou pretendido; os requisitos especificados pela organização; os requisitos estatutários e regulamentares aplicáveis a produtos e serviços; e requisitos de contrato ou pedido diferentes daqueles previamente expressos.

## **2.3 Controle de Volume**

A Portaria do Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008 é um Regulamento Técnico Metroológico que estabelece os critérios para verificação dos conteúdos líquidos dos produtos pré-medidos, com conteúdo nominal igual, expresso em massa ou volume nas unidades do

Sistema Internacional de Unidades (SI). A Quadro - 1 resume algumas definições expostas na portaria supracitada.

Quadro - 1: Definições sobre conteúdo líquido

(Continua)

TERMO	DEFINIÇÃO
Produto pré-medido	É todo produto embalado e/ou medido sem a presença do consumidor e, em condições de comercialização.
Produto pré-medido de conteúdo nominal igual	É todo produto embalado e/ou medido sem a presença do consumidor, com conteúdo nominal igual e predeterminado na embalagem durante o processo de fabricação
Conteúdo efetivo	É a quantidade de produto realmente contida no produto pré-medido.
Conteúdo nominal (Qn)	É a quantidade líquida indicada na embalagem do produto
Erro para menos em relação ao conteúdo nominal	É a diferença para menos entre o conteúdo efetivo e o conteúdo nominal.
Tolerância individual (T)	É a diferença tolerada para menos, entre o conteúdo efetivo e o conteúdo nominal, indicado na Tabela - 2.
Incerteza de medição do conteúdo líquido ou efetivo	A incerteza expandida, com um nível de confiança de 95%, associada a instrumentos de medição e métodos de exame usados para determinar quantidades não deverá exceder 0,2T (Tabela - 3).
Amostra do lote	É a quantidade de produtos pré-medidos retirados aleatoriamente do lote e que será efetivamente verificada.
Amostra para determinação da tara	<p>É a amostra retirada para o cálculo do peso da embalagem do produto pré-medido.</p> <p>NA FÁBRICA:</p> <p>a) Se o peso da embalagem for inferior a 5% do conteúdo nominal, será usado o valor médio de uma amostra de 25 embalagens, desprezando-se o desvio padrão resultante.</p> <p>b) Se o peso da embalagem for superior a 5% do conteúdo nominal, será usado o valor médio das 25 embalagens, desde que o seu desvio padrão seja menor ou igual a 0,25T.</p> <p>c) Se o peso da embalagem for superior a 5% do conteúdo nominal e o seu desvio padrão for maior que 0,25T, será feito ensaio destrutivo individual das embalagens da amostra.</p>

Quadro - 1: Definições sobre conteúdo líquido

(Conclusão)

Média aritmética da amostra ( $\bar{x}$ )	<p>É igual à soma dos conteúdos individuais de cada unidade da amostra dividida pelo número de unidades da amostra. É definida pela equação:</p> $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i}{n}$ <p>Onde:  <math>x_i</math> é o conteúdo efetivo de cada unidade da amostra do produto;  <math>n</math> é o número de unidades da amostra do produto.</p>
Desvio padrão da amostra (S)	<p>É igual à raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre os conteúdos individuais e o valor médio dos conteúdos, dividido pelo número de unidades da amostra menos um. É definido pela equação:</p> $S = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ <p><math>x_i</math> é o conteúdo efetivo de cada unidade da amostra do produto;  <math>\bar{x}</math> é a média aritmética da amostra  <math>n</math> é o número de unidades da amostra do produto.</p>
Critérios de aprovação de lote de produtos pré-medidos	<p>O lote submetido a verificação é aprovado quando as seguintes condições são simultaneamente atendidas:</p> <p>1 - CRITÉRIO PARA A MÉDIA  <math>\bar{x} \geq Qn - kS</math></p> <p>onde:  <math>Qn</math> é o conteúdo nominal do produto  <math>k</math> é o fator que depende do tamanho da amostra obtido na Tabela - 3  <math>S</math> é o desvio padrão da amostra</p> <p>2 - CRITÉRIO INDIVIDUAL: É admitido um máximo de <math>c</math> unidades da amostra abaixo de <math>Qn - T</math> (<math>T</math> é obtido na Tabela - 2 e <math>c</math> é obtido na Tabela - 3).</p>

Fonte: Adaptado da Portaria Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008

O Quadro - 2 expõe as tolerâncias para “T” que é um dos critérios de aprovação de lote de produtos pré-medidos.

Quadro - 2: Tolerâncias Individuais Permitidas

(Continua)

Tolerância T		
Conteúdo nominal $Qn$ (g ou ml ou $cm^3$ )	Percentual de $Qn$	g ou ml ou $cm^3$
0 a 50	9	-

Quadro - 2: Tolerâncias Individuais Permitidas

(Conclusão)

50 a 100	-	4,5
100 a 200	4,5	-
200 a 300	-	9
300 a 500	3	-
500 a 1000	-	15
1000 a 10000	1,5	-
10000 a 15000	-	150
Maior ou igual a 15000	1	-

Fonte: Portaria Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008

O Quadro - 3 relaciona o tamanho do lote com o tamanho das amostras, com os critérios para aceitação da média e com o critério para aceitação individual.

Quadro - 3: Amostra para Controle

Tamanho do lote	Tamanho de amostra	Critério para Aceitação da média	Critério para Aceitação individual (c) (máximo de defeituosos abaixo de $Qn-T$ )
9 a 25	5	$X \geq Qn - 2,059.S$	0
26 a 50	13	$X \geq Qn - 0,847.S$	1
51 a 149	20	$X \geq Qn - 0,640.S$	1
150 a 4000	32	$X \geq Qn - 0,485.S$	2
4001 a 105000	80	$X \geq Qn - 0,295.S$	5

Fonte: Portaria Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008

A Portaria do Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022 traz algumas atualizações da Portaria do Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008 e entra em vigor em 1 de março de 2024. A primeira alteração é a introdução e complementação de termos constantes do Vocabulário Internacional de Termos de Metrologia Legal (Quadro - 4).

Quadro - 4: Definições sobre conteúdo líquido

(Continua)

TERMO	DEFINIÇÃO
Produto pré-embalado	Unidade pronta para ser apresentada a um consumidor, consistindo em um produto e sua embalagem, preparado antes de ser posto para a venda e no qual a quantidade de produto tem um valor pré-determinado.
Produto	Tudo do produto pré-embalado que não é embalagem.
Embalagem	Toda parte do produto pré-embalado é utilizada para conter, proteger ou manipular o produto, que deve sobrar depois do seu uso, com exceção das partes naturais integrantes do produto que não se consome.
Tara	Massa do material da embalagem.
Lote de inspeção ou lote (N)	Grupo identificado de produtos pré-embalados que serão inspecionados em relação aos requisitos deste RTM.
Amostragem aleatória	Procedimento de amostragem no qual os produtos pré-embalados a serem incluídos na amostra são retirados aleatoriamente do lote de inspeção. Cada um dos produtos do lote de inspeção deve ter igual probabilidade de ser incluído na amostra.
Tamanho da amostra (n)	Número de unidades de produto pré-embalado retiradas do lote de inspeção e incluídas na amostra.
Valor médio dos conteúdos reais ou efetivos ( $q_{med}$ ou $Q_{med}$ )	Soma dos conteúdos reais ou efetivos de cada unidade do produto em uma inspeção, dividido pelo número de unidades da amostra ( $q_{med}$ ) ou do lote ( $Q_{med}$ ).
Fator de correção da amostra (k)	É um fator determinado usando a função de distribuição acumulada inversa t de Student que é utilizada para avaliar se o produto atende ao critério de aceitação da média em um controle por amostragem.

Quadro - 4: Definições sobre conteúdo líquido

(Conclusão)

Erros	<p>1 - Erro individual: diferença entre o conteúdo real ou efetivo (<math>Q_i</math>) em um produto pré-embalado e seu conteúdo nominal (<math>Q_n</math>).</p> <p>2 - Erro médio: média dos erros individuais das unidades do lote ou da amostra.</p> <p>3 - Erro T1: erro maior que a tolerância individual aplicável (<math>T</math>), mas não maior que o dobro da mesma (<math>2T</math>), para um determinado conteúdo nominal.  <math display="block">\text{Erro T1: } Q_n - 2T \leq Q_i &lt; (Q_n - T)</math></p> <p>4 - Erro T2: erro maior que o dobro da tolerância individual aplicável.  <math display="block">\text{Erro T2: } Q_i &lt; (Q_n - 2T)</math></p>
-------	---

Fonte: Adaptado da Portaria Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022

A segunda alteração se dá quanto ao tamanho da amostra, ao valor de T1 e a k que estão ligados ao tamanho do lote. O plano de amostragem em resumo, o maior tamanho de amostragem solicitado é de 98. A terceira e última alteração está relacionada aos critérios para aceitação do lote. Um lote de inspeção é aprovado, se atender aos requisitos metrológicos estabelecidos para os três parâmetros: (i) erro médio do lote; (ii) o número de unidades com erro T1; e (iii) o número de unidades com erro T2. O Quadro 5 exhibe as condições em que o requisito do parâmetro (i) não é atendido.

Quadro - 5: Condições em que o requisito (i) da Portaria Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022

Condição de não-conformidade	Observações
$q_{med} < Q_n - k.s$	<p>Onde:</p> <p><math>q_{med}</math>: média dos conteúdos reais ou efetivos da amostra;</p> <p><math>Q_n</math>: conteúdo nominal do produto;</p> <p>k: fator de correção da amostra; e</p> <p>s: desvio padrão dos erros individuais da amostra.</p>
$Q_{med} < Q_n$	<p>Onde:</p> <p><math>Q_{med}</math>: média dos conteúdos reais ou efetivos do lote de inspeção; e</p> <p><math>Q_n</math>: conteúdo nominal do produto.</p>

Fonte: Adaptado da Portaria Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022

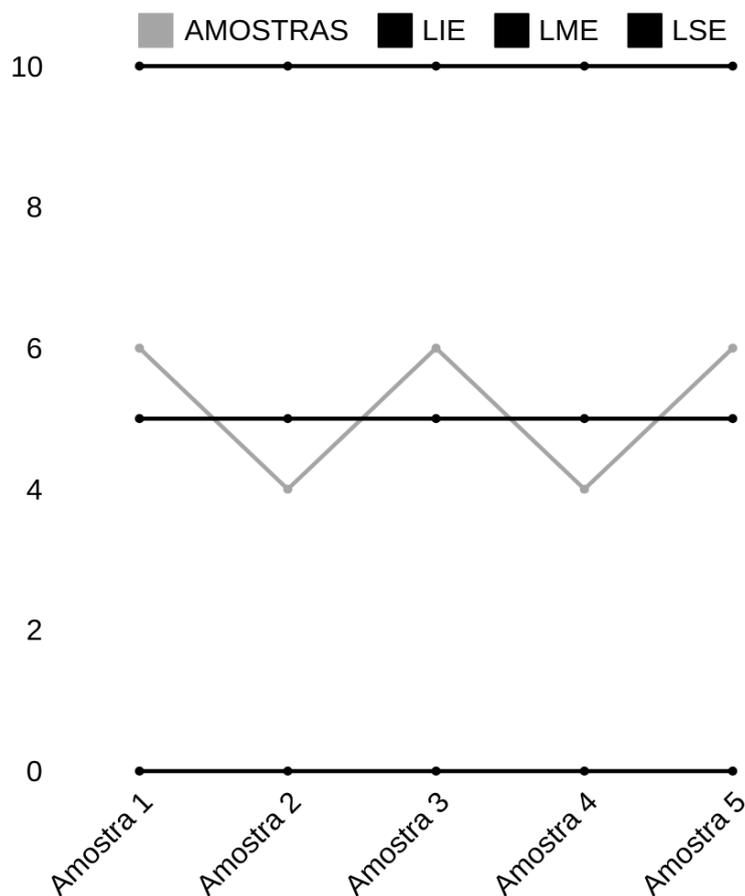
O requisito do parâmetro (ii) não é atendido se o número de unidades com erros T1 for maior que o número indicado na coluna 3 da Tabela II da Portaria Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022 ou se contiver mais de 2,5% de unidades com erro T1. Por fim, o requisito do

parâmetro (iii) não é atendido se houver uma ou mais unidades com erro T2. Um lote de inspeção é reprovado, se não atender a pelo menos um dos requisitos.

## 2.4 Controle Estatístico de Processo

De acordo com Werkema (2014), todos os processos produtivos possuem variabilidade, conseqüentemente, as características do produto produzido inevitavelmente apresentaram variações. Diferenças entre máquinas, operadores, matérias-primas, fornecedores, temperatura, densidade, entre outras, são causas aleatórias das variações e não podem ser corrigidas ou eliminadas (COSTA et al., 2018). Já o problema ou modo de operação anormal do processo são causas especiais que podem ser corrigidas e eliminadas. Diante disso, os gráficos ou cartas de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade do processo, ou seja, para o Controle Estatístico do processo (CEP) (MONTGOMERY, 2016). A Figura 1 é a representação de um gráfico controle típico.

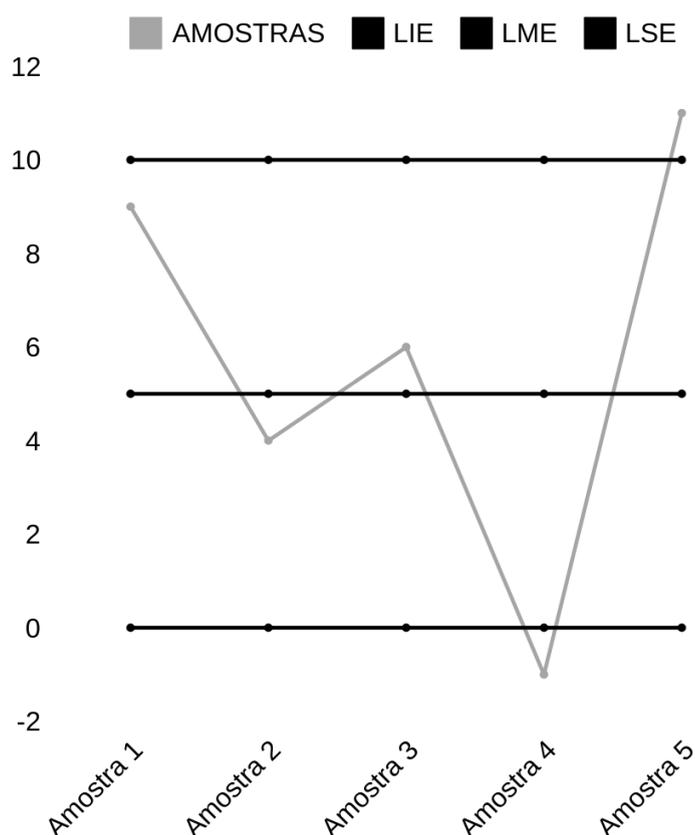
Figura 1: Exemplo de um gráfico de processo sob controle



Fonte: Adaptado de WERKEMA, 2014

Um gráfico de controle é constituído por um Limite médio (LM), um Limite Superior de Controle (LSC), um Limite Inferior de Controle (LIC) e os valores da característica da qualidade traçados no gráfico. De acordo com Werkema (2014), o processo está fora de controle quando os pontos saem dos limites de controle e/ou os pontos apresentam alguma configuração não aleatória (Figura 2).

Figura 2: Exemplo de um gráfico de processo fora de controle



Fonte: Adaptado de WERKEMA, 2014

É importante ressaltar que um gráfico de controle não descobre quais são as causas especiais de variação que estão atuando no processo, mas ele fornece as informações necessárias para a identificação dessas causas (WERKEMA, 2014). Outro ponto que deve ser destacado, de acordo com Werkema (2014), é que existem dois tipos de gráficos de controle: (i) Gráficos de Controle para Variáveis: quando a característica da qualidade é expressa por um número em uma escala contínua de medidas, por exemplo, volume de um líquido envasado. (ii) Gráficos de Controle para Atributos: Quando as medidas representadas no gráfico resultam de contagens do número de itens do produto que apresentam uma característica particular de interesse, por exemplo, número de defeitos. O Quadro - 6 resume

as fórmulas de média, média global e desvio padrão que são necessárias para a elaboração dos gráficos de controle

Quadro - 6: Fórmulas das médias, amplitude e desvio padrão

Nome	Fórmula
Média da i-ésima amostra, onde n significa o número de elementos de cada amostra.	$\bar{x}_i = \frac{x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}}{n}$
Média global, onde m é o número de amostra.	$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i$
Desvio padrão da i-ésima amostra.	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}$

Fonte: Adaptado de WERKEMA, 2014

Outro tópico relevante é que além dos limites de controle, que resultam da variabilidade natural do processo, existem os limites de especificação, que são determinados externamente. Esses limites podem ser estabelecidos pela gerência, pelos engenheiros responsáveis pela produção ou pelos responsáveis pelo planejamento do produto (WERKEMA, 2014). Os limites de especificação refletem as necessidades dos clientes, logo, não existe relacionamento matemático ou estatístico entre os limites de controle e os limites de especificação. Ainda de acordo com Werkema (2014), os limites de controle nos permitem avaliar se o processo está ou não sob controle estatístico. Já os limites de especificação nos permitem avaliar se o processo produz ou não itens defeituosos.

A capacidade do processo diz respeito à sua uniformidade. Obviamente, a variabilidade de características críticas para a qualidade no processo é uma medida da uniformidade da produção (MONTGOMERY, 2016). Frequentemente, o  $C_p$  ou razão da capacidade de um processo (RCP) é utilizado para quantificar a capacidade do processo e ele é definido pela equação 1:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1)$$

Em que LSE, LIE e  $\sigma$  são: limite superior de especificação, limite inferior de especificação e desvio padrão, respectivamente. É possível observar que quanto maior for o valor de  $C_p$ , maior será a capacidade do processo em satisfazer às especificações, desde que a média  $\bar{x}$  esteja centrada no valor nominal (WERKEMA, 2014). Isso ocorre pois, o índice  $C_p$

relaciona aquilo que se deseja produzir (LSE – LIE), que corresponde à variabilidade permitida ao processo, com a variabilidade natural do processo ( $6\sigma$ ), ou seja, se o  $C_p$  é alto significa que o desvio é baixo. Se  $C_p < 1$  significa que o processo é incapaz ou inadequado, se  $1 \leq C_p < 1,33$  ele é aceitável e se  $C_p \geq 1,33$  ele é capaz ou adequado (WERKEMA, 2014).

Apesar de sua relevância estatística, o  $C_p$  não leva em conta onde a média do processo está localizada em relação às especificações. Ele apenas mede a dispersão das especificações em relação à dispersão Seis Sigmas no processo (MONTGOMERY, 2016). De acordo com Werkema (2014), para realizar essa avaliação é necessário utilizar o índice Cpk que evidencia se o processo está sendo capaz de atingir o valor nominal da especificação, já que ele leva em consideração o valor da média do processo. Logo, o índice Cpk pode ser interpretado como uma medida da capacidade real do processo. Cpk é definido pela equação 2:

$$C_{pk} = \text{MIN}[C_{pki}, C_{pks}] \quad (2)$$

Em que  $C_{pki} = \frac{LSE - \bar{x}}{3\sigma}$  e  $C_{pks} = \frac{\bar{x} - LIE}{3\sigma}$ , onde LSE, LIE,  $\sigma$  e  $\bar{x}$  são: limite superior de especificação, limite inferior de especificação, desvio padrão e média, respectivamente. O Cpk é calculado em relação ao limite de especificação mais próximo da média do processo, se o Cpk for definido pelo limite superior significa que o processo foi feito muito próximo do máximo permitido e se o Cpk for definido pelo limite inferior significa que o processo foi feito muito próximo do mínimo permitido. De modo geral, se  $C_p = C_{pk}$ , o processo está centrado no ponto médio das especificações, e quando  $C_{pk} < C_p$ , o processo está descentrado (MONTGOMERY, 2016). O Cpk em relação a  $C_p$  é uma medida direta de quão fora do centro o processo está operando. Se  $C_{pk} < 1$  significa que o processo é incapaz ou inadequado, se  $1 \leq C_{pk} < 1,33$  ele é aceitável e se  $C_{pk} \geq 1,33$  ele é capaz ou adequado (WERKEMA, 2014).

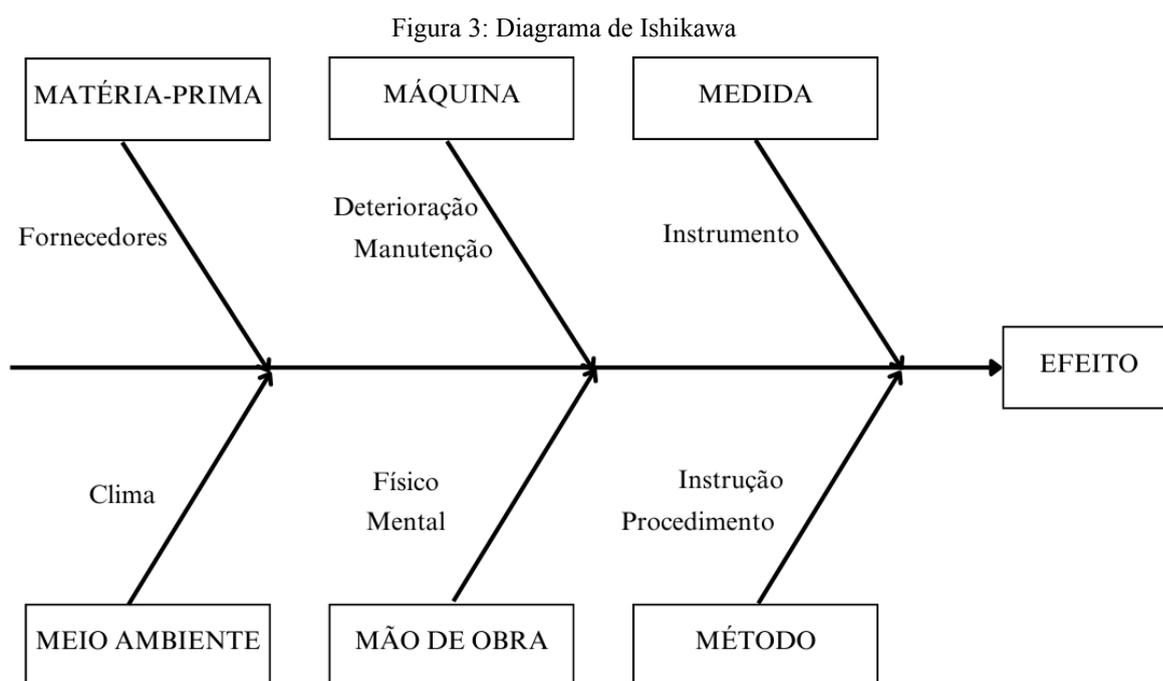
## 2.5 Ciclo PDCA

PDCA é o acrônimo das palavras em inglês Plan (planejar), Do (fazer), Check (verificar) e Act (agir) e cada uma delas é uma etapa do processo de solução de problemas e melhoria contínua. O ciclo PDCA sugere que cada etapa seja feita em sequência e que o processo recomece após ser finalizado. De acordo com Gayer (2020), na etapa do Plan

(planejar), a meta é definida, o problema é analisado, as causas são identificadas e o plano de ação é elaborado. Para isso, podem ser utilizadas as seguintes ferramentas da qualidade: brainstorming, Diagrama de Ishikawa, matriz de priorização, 5 por quês e 5W2H.

O brainstorming (tempestade de ideias) é uma dinâmica em grupo em que são listadas as possíveis causas do problema. De acordo com Werkema (2012), devem participar os membros da equipe, além de especialistas no problema e processo envolvidos no projeto. As informações levantadas deverão ser organizadas, para maior facilidade de visualização, por meio do uso do Diagrama de Ishikawa.

O Diagrama de Ishikawa é utilizado para identificar e agrupar as possíveis causas dos problemas. De acordo com Werkema (2012), essa ferramenta divide as causas do problema e insere elas nos seguintes grupos: matérias primas, máquinas, medidas, meio ambiente, mão de obra e métodos (Figura 3).



Fonte: Autora com base em Werkema (2012)

A matriz de priorização é utilizada para ordenar as possíveis causas do problema da mais provável para a menos provável com base em critérios pré-definidos. De acordo com Werkema (2012), essa ferramenta identifica as principais causas potenciais para o problema considerado. Existem inúmeros modelos de matriz de priorização que variam de acordo com suas finalidades e o próprio usuário pode criar uma a partir das suas necessidades.

O 5 por quês consiste em perguntar 5 vezes o porquê de um problema ou defeito ter ocorrido, a fim de descobrir a sua real causa. De acordo com Weiss (2011), para utilizar o 5

por quês, embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos por quês, por exemplo 3, ou mais por quês, dependerá das circunstâncias em que a causa raiz estiver inserida.

O 5W2H é uma ferramenta utilizada para planejar planos de ação. De acordo com Werkema (2012), ela tem o objetivo de definir, para a estratégia de ação elaborada, os seguintes itens: o que será feito (What), quando será feito (When), quem fará (Who), onde será feito (Where), porque será feito (Why), como será feito (How) e quanto custará o que será feito (How much).

## **2.6 Análise Multivariada de Dados**

A correlação é uma medida que avalia a relação entre duas variáveis. De acordo com Fávero e Belfiore (2015), essa medida pode variar entre -1 e 1. Se a correlação estiver próxima de -1 significa que as variáveis possuem forte relação negativa. Já se a correlação estiver próxima de 1 significa que as variáveis possuem forte relação positiva. Por fim, se a correlação estiver próxima de 0 significa que as variáveis possuem relação inexistente. De acordo com Fávero e Belfiore (2017), a covariância mede a variação conjunta entre duas variáveis quantitativas, dessa forma, ela determina se as variáveis tendem a se mover juntas ou em direções opostas. A análise fatorial é uma técnica multivariada que procura identificar uma quantidade pequena de fatores que representam o comportamento conjunto de variáveis originais interdependentes (Fávero e Belfiore, 2015). Em outras palavras, existem coeficientes de correlação que geram novas variáveis que resumem o comportamento conjunto das variáveis originais. Cada uma dessas novas variáveis é chamada de fator, que pode ser entendido como o agrupamento de variáveis a partir de critérios estabelecidos.

## **3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

Estudos científicos caracterizam-se pela utilização de procedimentos metodológicos. O método é um conjunto de atividades sistemáticas que baseiam e permitem atingir os objetivos do trabalho com resultados coerentes (MARCONI; LAKATOS, 2010).

### **3.1 Caracterização da Pesquisa**

A classificação dos tipos de pesquisa se dá por meio da sua abordagem, natureza, procedimento e objetivo (CESÁRIO, 2020). O Quadro - 7 resume a classificação do presente estudo.

Quadro - 7: Classificação da pesquisa

<b>Classificação</b>	<b>Característica</b>
Abordagem quantitativa	Requer o uso de recursos e técnicas de estatística, procurando traduzir em números os conhecimentos gerados pelo pesquisador.
Natureza aplicada	Procura produzir conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.
Procedimento de pesquisa de campo	É aquela utilizada com o objetivo de obter informações e/ou conhecimentos acerca de um problema para o qual procuramos uma resposta, ou de uma hipótese, que queiramos comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.
Objetivo exploratório	Visa a proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele.

Fonte: Autora com base em Prodanov e Freitas (2013).

Portanto, a metodologia do presente estudo possui abordagem quantitativa, natureza aplicada, procedimento de pesquisa de campo e objetivo exploratório. Uma vez que utiliza uma escala quantitativa para encontrar os resultados, aplicou as ferramentas de qualidade, obteve informações acerca de um problema em uma empresa química que fabrica produtos automotivos e realizou visitas ao local para obter os dados.

### 3.2 Local de Estudo

A empresa é do ramo químico e fabrica produtos automotivos, dentre eles pode-se citar: líquidos de arrefecimento, limpa parabrisas, limpa pneus, hidratante de couro, soluções de manutenção e de tratamento. A história dessa organização começou em 1994, quando uma empresa americana, dona de uma famosa marca de soluções automotivas, propôs a formação de uma Joint Venture. Atualmente, a empresa estudada fabrica produtos homologados de outras marcas do setor automotivo, além de ter a marca própria. Seus produtos podem ser encontrados no varejo automotivo (postos de gasolina e autopeças), no mercado de reparação automotiva (oficinas mecânicas, concessionárias de veículos leves e pesados e pequenas e grandes frotas de ônibus e caminhões), e no setor agrícola, por meio de produtos exclusivos para tratores e máquinas. Logo, seu modelo de negócio de empresa é B2B, sigla para Business to Business (Empresa para empresa), em que ela é a fornecedora e as outras empresas são os clientes. A fábrica está localizada no Polo Industrial Oeste da cidade de Campo Grande - MS, já a sua sede administrativa está localizada em São Paulo - SP. Conta com mais de 60 colaboradores, trabalha em 1 único turno diário, possui 7 linhas produtivas e uma área de fabricação.

### 3.3 Técnicas de Pesquisa

O desenvolvimento do estudo segue os seguintes passos: (i) Realizar estudo da literatura sobre Gestão da Qualidade, ISO 9001, Controle de Volume, Controle Estatístico de Processo, Ciclo PDCA e Análise Multivariada de Dados; (ii) Realizar análise *in loco* e a partir disso mapear os processos da “linha 2”; (iii) analisar os dados do histórico do Cpk entre março e dezembro de 2023 utilizando o software ©R Studio e o software ©Power BI; (iv) analisar as perdas atuais e ganhos viáveis; (v) aplicar a ferramenta brainstorming; (vi) elaborar o Diagrama de Ishikawa; (vii) aplicar a ferramenta 5 porquês; e (viii) elaborar o plano de ação a partir da aplicação da ferramenta 5W2H.

## 4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

### 4.1 Oportunidade de Melhoria

A oportunidade de melhoria presente na empresa estudada é o Cpk da média de produtos de 100ml envasados na “linha 2”, no período de março a dezembro de 2023, sendo inferior a 1,33. Esse indicador sinaliza que o processo não é capaz de atender os limites de especificação.

### 4.2 Análise de Dados do Histórico do Problema

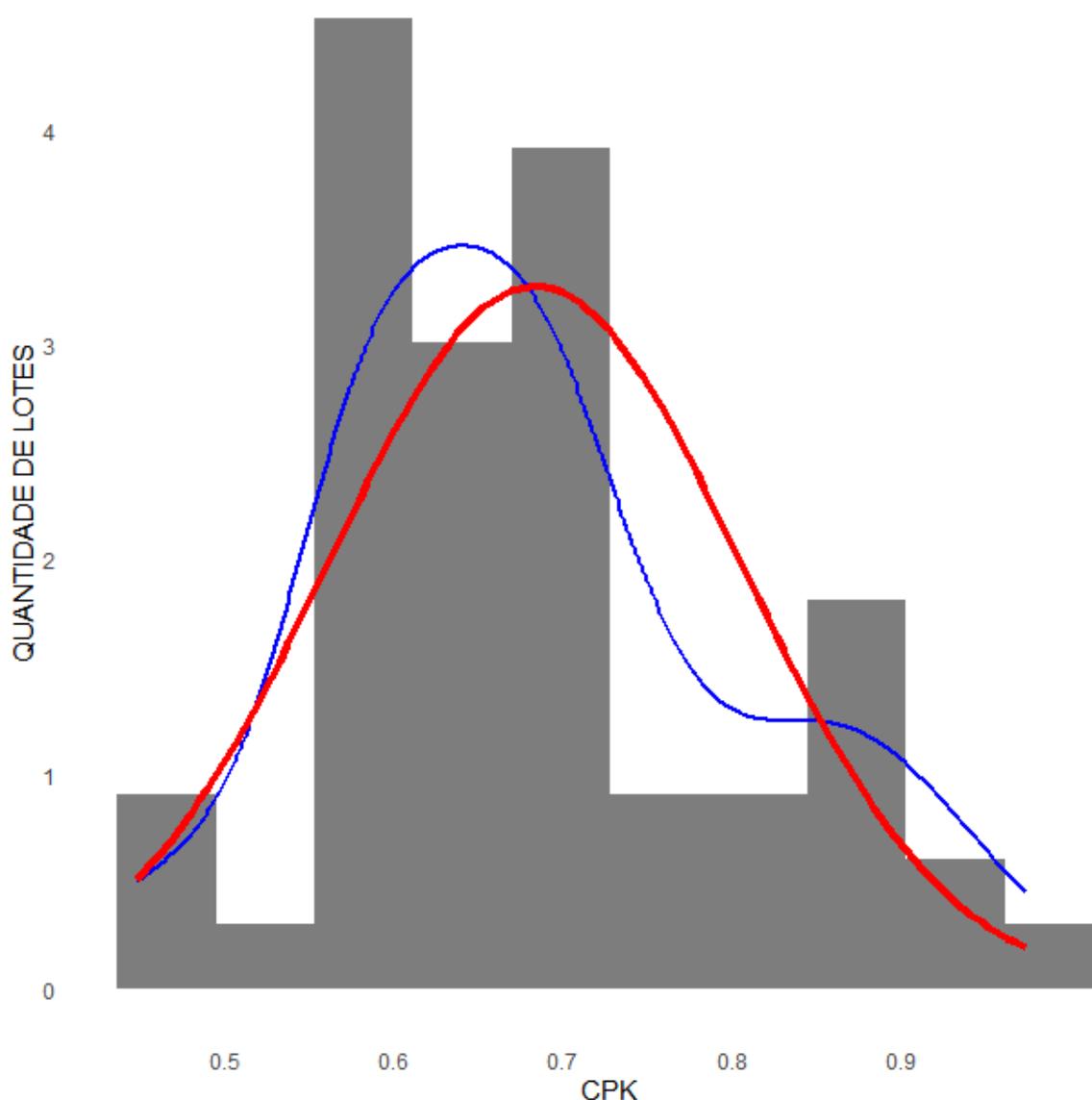
A análise de dados dos produtos da “linha 2” produzidos de março a dezembro de 2023 foi feita no software ©R Studio. Em primeiro lugar, no período analisado foram produzidos 56 lotes e 11 variáveis estão envolvidas, são elas: mês, tipo, base, responsável, Cp, Cpk, Cpk<sub>i</sub>, Cpk<sub>s</sub>, densidade, desvio e média de caixa produzida. A densidade e o desvio são características de cada lote. O Cp, Cpk<sub>i</sub>, Cpk<sub>s</sub> e Cpk são indicadores. A base dos produtos corresponde ao componente principal da formulação, já o tipo é a finalidade com a qual o produto é utilizado.

Em segundo lugar, a base dos produtos mais comum é a água com 38 lotes correspondentes, a segunda mais comum é a base de fluido de freio com 10 lotes correspondentes, e por último a base de fluido de transmissão com 8 lotes correspondentes. O tipo mais comum de produto é Car care com 38 lotes correspondentes, o segundo mais comum é tipo de fluido de freio com 10 lotes correspondentes, e por último o tipo de fluido de transmissão com 8 lotes correspondentes. O mês em que teve maior produção foi em agosto com 10 lotes correspondentes e o que teve menor produção foi em setembro com 2 lotes

correspondentes. O responsável mais comum é o 1 com 28 lotes correspondentes e o menos comum é o 4 com 2 lotes correspondentes.

Em terceiro lugar, o  $C_p$  médio encontrado foi de 0,84, o menor foi de 0,53 e o maior foi de 1,30. A quantidade de lotes com  $C_p$  menor que 1,33 foi de 5. Já o  $C_{pk}$  médio encontrado foi de 0,68, o menor foi de 0,45 e o maior foi de 0,97. Todos os lotes tiveram  $C_{pk}$  inferior a 1,33. A Figura 4 exibe o histograma da distribuição do  $C_{pk}$  com a Curva de Densidade Empírica (azul) e com a Curva Normal Teórica (Vermelha).

Figura 4: Histograma do  $C_{pk}$  dos lotes dos produtos de 100mL da “linha 2”



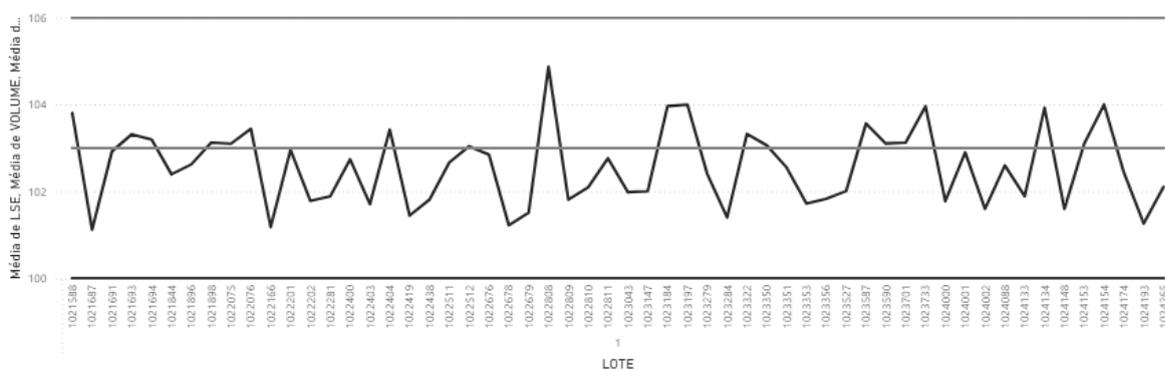
Fonte: Autora (2024).

A partir do histograma é possível perceber que a maioria dos resultados do  $C_{pk}$  giram em torno 0,6 e 0,7. A curva azul é a suavização da distribuição dos dados reais. Ela

mostra a tendência de como os dados estão distribuídos em torno da média e se ajusta aos dados do histograma, proporcionando uma visualização mais contínua da distribuição. Já a curva vermelha representa a distribuição normal teórica, calculada a partir da média e do desvio padrão dos seus dados. Ela é uma referência para comparar como a distribuição real dos dados se comporta em relação a uma distribuição normal padrão. Ao comparar as duas curvas (azul e vermelha), percebe-se diferenças entre as duas curvas e isso sugere que os dados não seguem uma distribuição normal,

Logo, a média dos Cpk's dos diferentes lotes não resume bem o comportamento dos produtos de 100mL da “linha 2”, porque ela é altamente influenciada por valores extremamente altos ou baixos, além disso, em distribuições que não são simétricas, a média pode não representar o "centro" dos dados e quando os dados têm mais de um uma moda, a média pode cair entre elas e não representar nenhuma delas adequadamente. Diante disso, no software ©Power BI foi calculado o Cpk da média dos produtos de 100mL da “linha 2” (Figura 5). Ou seja, foi calculada a média ( $\bar{x}$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) das medições de todos os lotes, foram definidos os limites inferior, médio e superior (LIE, LME e LSE) fixos e posteriormente foi calculado o Cpk.

Figura 5: Captura de tela de parte da carta controle dos 56 lotes dos produtos de 100mL da “linha 2”



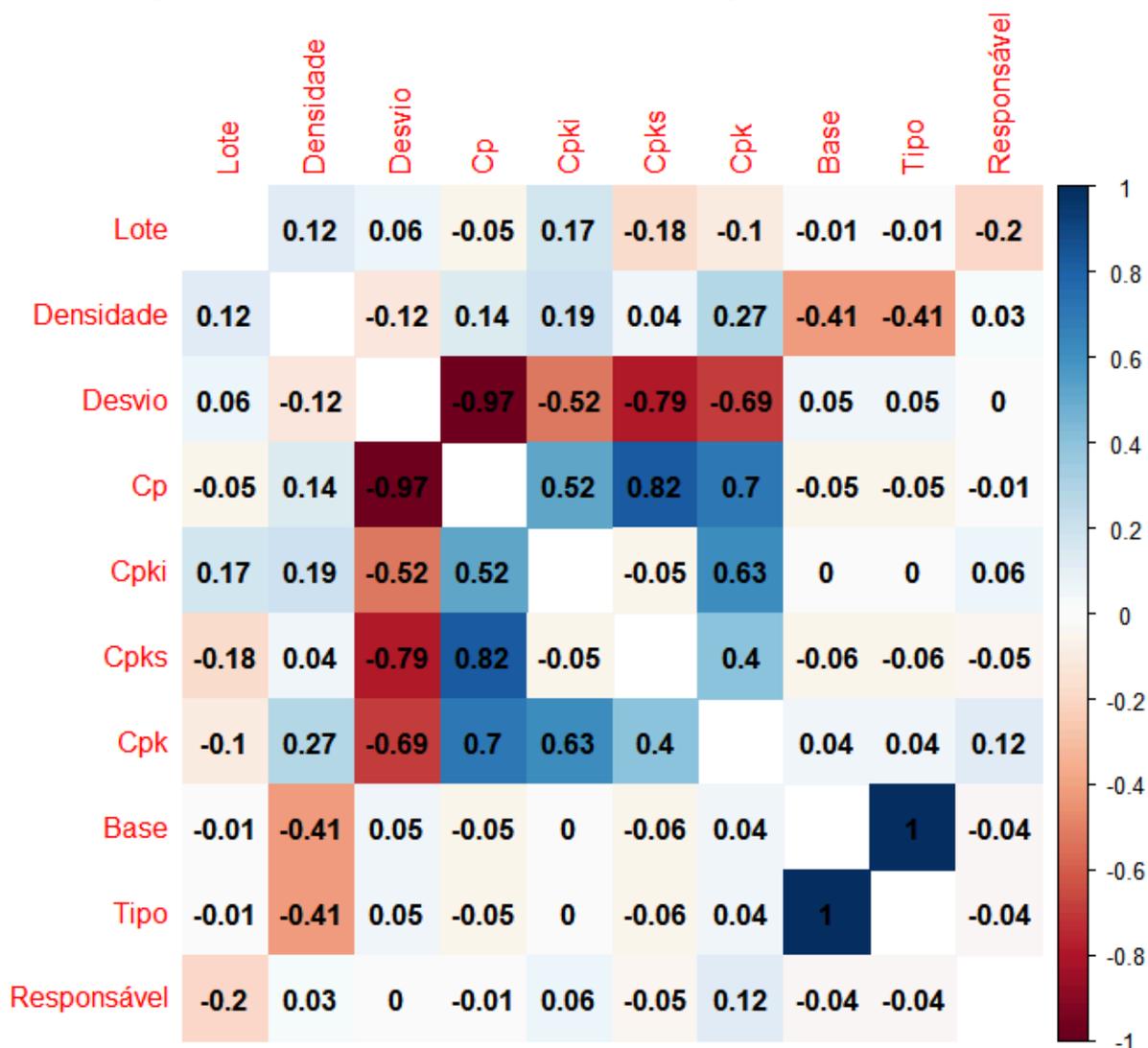
Fonte: (Autora, 2024)

A carta controle dos 56 lotes de produtos de 100mL da “linha 2”, representada na figura acima, foi feita a partir do LSE igual a 106, LME igual 103 e LIE igual a 100. Os limites de especificação foram definidos pela empresa. A partir disso, obteve-se um desvio padrão igual 0,94, uma média de 102,87, um Cp igual a 1,07, um Cpk<sub>i</sub> igual a 1,02, um Cpk<sub>s</sub> igual a 1,07 e um Cpk igual a 1,02.

A média dos Cpk's fornece uma visão do desempenho individual dos produtos, enquanto o Cpk da média reflete a performance do processo globalmente. No caso, o Cpk da média é maior (1,02) do que a média dos Cpk's (0,68), mas ainda assim é menor que 1,33, ou

seja, o processo é aceitável, mas não é capaz. Retornando para a análise de dados realizada no software ©R Studio foi possível identificar a correlação entre as seguintes variáveis: base, responsável, Cpk, densidade e desvio (Figura 6).

Figura 6: Matriz de correlação das variáveis dos lotes dos produtos de 100mL da linha 2



Fonte: (Autora, 2024)

A figura acima é a matriz de correlação das variáveis e suas informações estão representadas a partir de uma escala de cores. Quanto mais azul maior é a correlação positiva e quanto mais vermelho é a correlação negativa. Diante disso, foi possível concluir que a maior correlação positiva é de 0,27 entre Cpk e densidade, já a maior correlação negativa foi de -0,69 entre Cpk e desvio. Pode-se concluir que as variáveis que mais precisam ser controladas são a densidade e o desvio, pois elas interferem fortemente no resultado do Cpk.

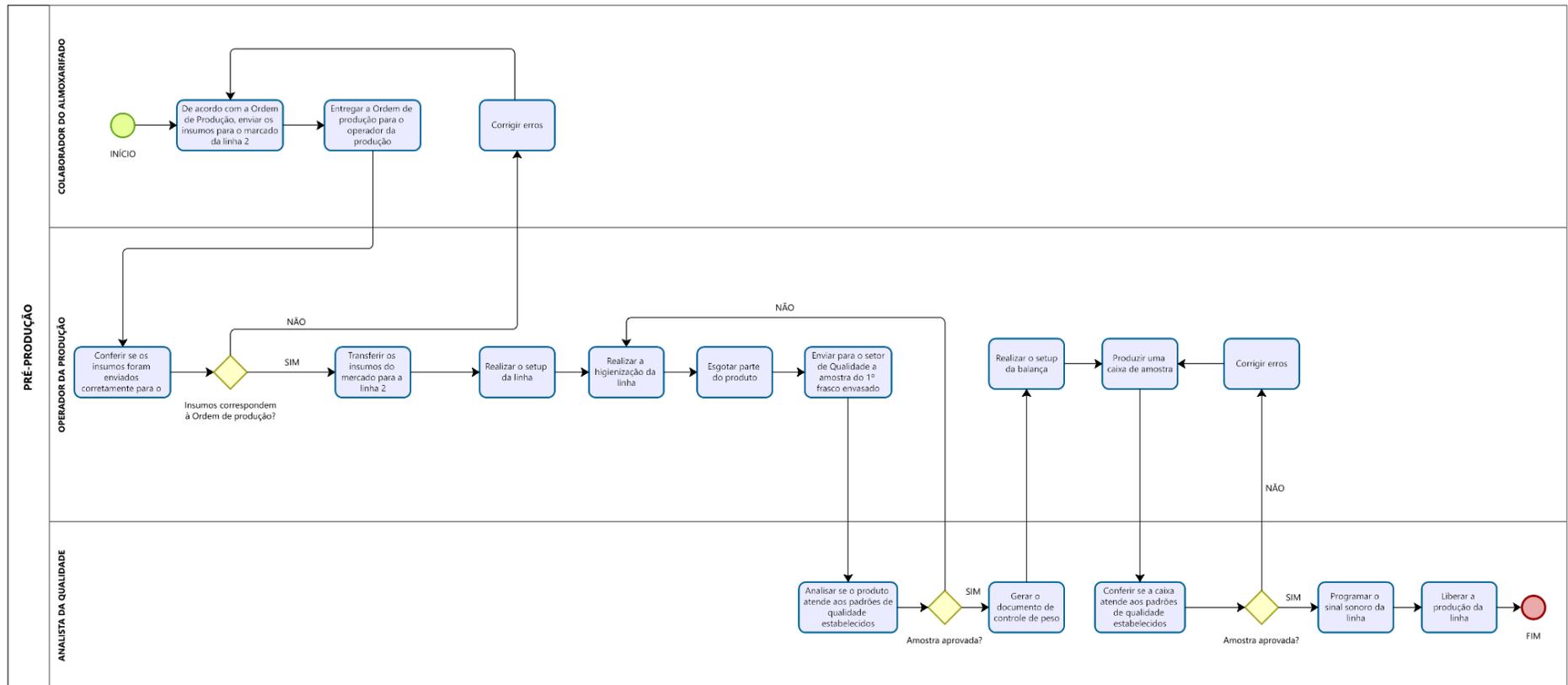
### **4.3 Perdas Atuais e Ganhos Viáveis**

No período de março a dezembro de 2023 foram produzidas na “linha 2” 35.422 caixas de 56 lotes distintos, sendo que cada caixa é composta por 24 frascos. A partir da análise de dados realizada no ©R Studio foi possível identificar que 18 lotes tiveram Cpk definido pelo Limite Superior de Especificação (LSE), ou seja, 432 frascos foram envasados muito próximo do máximo permitido. O Limite Médio de Especificação (LME) dos produtos de 100ml é 103 mL e o LSE é 106mL. A diferença de volume entre o LSE e o LME é de 3mL, ao multiplicar esse valor pela quantidade de frascos que foram envasados com 106 mL e dividir por 103 é possível constatar que deixaram de ser envasados 13 frascos, gerando assim perdas financeiras à empresa.

### **4.4 Mapeamento do Processo da “Linha 2”**

Primeiramente, antes de propor melhorias é necessário compreender o processo. Diante disso, no software © Bizagi Modeler, foram realizados mapeamento dos processos relacionados à “linha 2”, começando pela pré-produção (Figura 7).

Figura 7: Mapeamento do processo de pré-produção da “linha 2”



Fonte: (Autora, 2024)

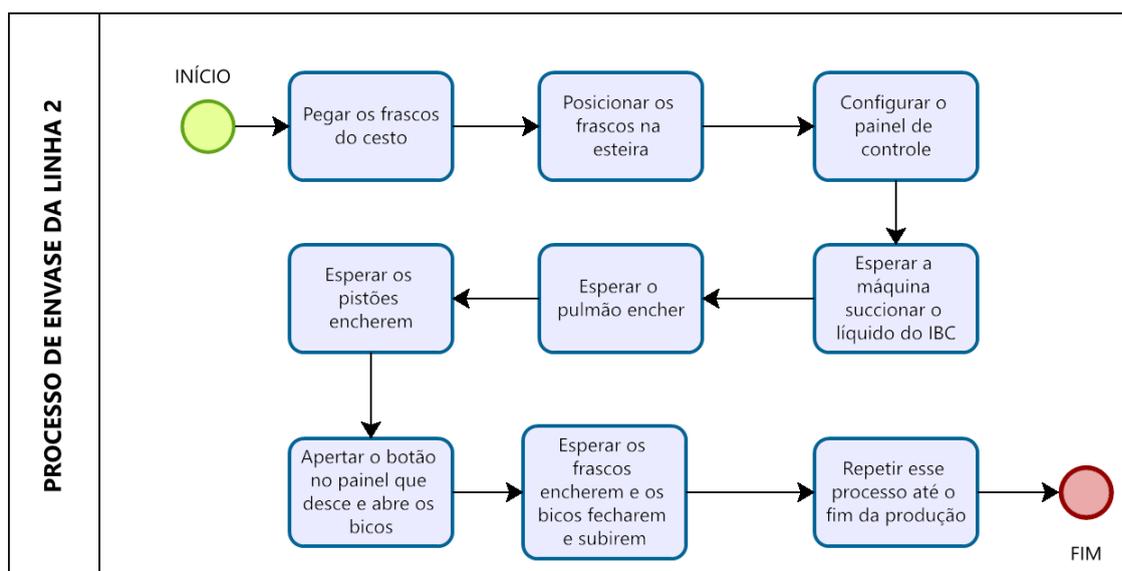
Na Figura 7 são descritos todos os processos que antecedem a produção em si, são eles: separação dos insumos, realização do setup da linha, análise de qualidade do produto e liberação da linha. Em seguida foi realizado o mapeamento do processo geral da produção (Figura 8).



Na Figura 8 são descritos todos os processos de produção da “linha 2”, são eles: encher os frascos, pesar as amostras, tampar, lotear, selar, rotular e encaixotar os frascos. A envasadora da “linha 2” funciona por meio de dois sistemas: um elétrico e um pneumático. O sistema elétrico é composto por um motor tracionador. Esse motor realiza a sucção do líquido armazenado no IBC, o transporta para o pulmão e dosa por meio de pistões a quantidade de líquido que cada um dos seis bicos irá envasar nos fracos. Além disso, ele é responsável pelo painel de controle da linha.

Nesse painel é possível configurar a velocidade do envase, velocidade de dosagem e velocidade da esteira. Já o sistema pneumático utiliza ar comprimido para abrir e fechar os bicos e o pulmão, liberar os pistões e controlar a fila de fracos. A Figura 9 exibe o mapeamento do processo de envase da “linha 2”.

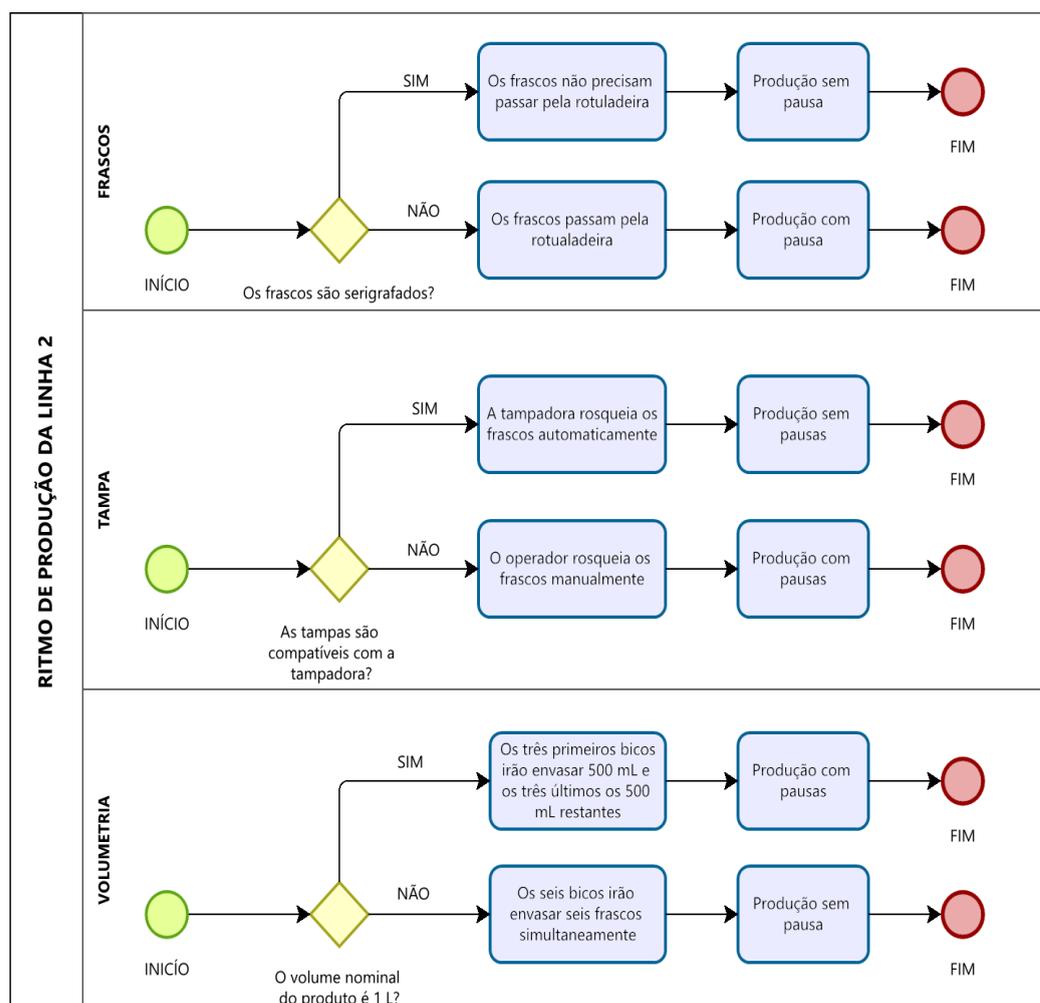
Figura 9: Mapeamento processo de envase da “linha 2”



Fonte: (Autora, 2024)

Em alguns casos, a produção é constante e não possui paradas provocadas pelo acionamento manual dos bicos. Para ilustrar essa dinâmica foi realizado o mapeamento do ritmo de produção (Figura 10).

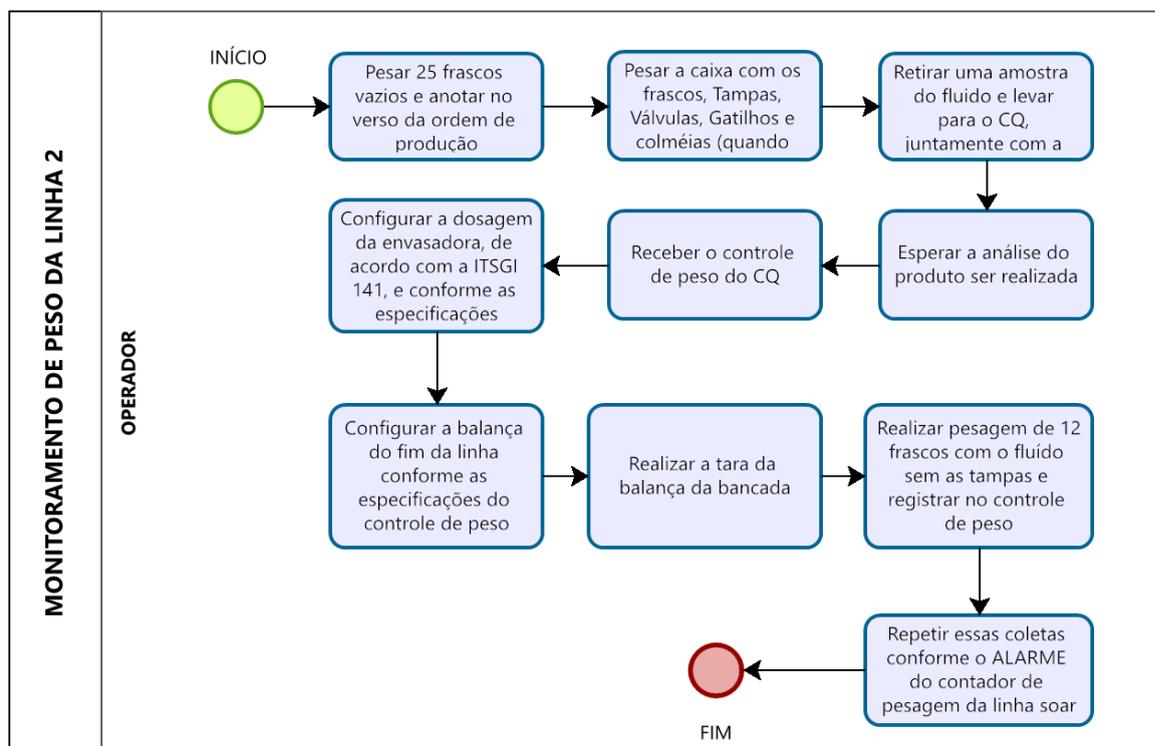
Figura 10: Mapeamento do ritmo de produção da linha 2



Fonte: (Autora, 2024)

Como é possível constatar Figura 10, a produção é constante quando a própria máquina faz o rosqueamento. Nesse caso, os operadores precisam apenas abastecer a esteira com frascos e posicionar as tampas após o envase. Em contrapartida, são necessárias pausas quando o rosqueamento é manual, uma vez que os operadores não conseguem acompanhar o ritmo da máquina ao mesmo tempo que executam uma tarefa extra. Em seguida foi realizado o mapeamento do monitoramento do controle de peso da “linha 2” (Figura 11).

Figura 11: Mapeamento do monitoramento de peso da “linha 2”



Fonte: (Autora, 2024)

#### 4.5 Brainstorming

O brainstorming foi realizado com os operadores da linha de produção 2, com os analistas de qualidade e com os técnicos de manutenção. Foi questionado para cada um dos colaboradores quais fatores podem causar uma grande variação nos pesos dos produtos e 15 respostas foram obtidas (Quadro - 8).

Quadro - 8: Brainstorming

(Continua)

1	<b>Ausência de IT para a geração de controle de peso</b>	O monitoramento de peso é feito para atender a Portaria do Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008 e a Portaria do Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022.
		Neste processo, a área de Qualidade gera o Controle de Peso, documento em que os operadores da “linha 2” irão anotar os resultados da pesagem de 98 amostras.
	Conclusão	Há uma instrução de trabalho voltada para a geração de controle de peso.

Quadro - 8: Brainstorming

(Continuação)

2	<b>IT sobre digitação de controle de peso desatualizada</b>	Após os operadores da linha anotarem os pesos das amostras, a equipe do Controle de Qualidade digita o controle de peso, calcula o CP e o Cpk e verifica se o lote atende às normas das Portarias.
	Conclusão	A instrução de trabalho voltada para a digitação de controle de peso está desatualizada.
3	<b>Monitoramento de peso não é feito quando o alarme soa</b>	Para que a “linha 2” funcione é necessário 1 colaborador alimentando a esteira com frascos; 2 colaboradores tampando os frascos; 2 colaboradores conferindo o lote e o selo e encaixotando os produtos acabados; e 1 colaborador conferindo o peso da caixa fechada
	Conclusão	Na hipótese da ausência de algum colaborador, o ritmo de produção é comprometido.
4	<b>Registro das pesagens simuladas pelos colaboradores</b>	No caso de o colaborador não realizar a pesagem quando o alarme soar e esquecer de realizar a pesagem posteriormente
	Conclusão	Os resultados das pesagens ficaram apenas de forma simulada.
5	<b>A calibração externa da balança utilizada na aferição do envase não é feita com os pesos recomendados pelo manual</b>	A pesagem das amostras é realizada na Balança de Precisão Ohaus Pioneer PA3102CP - 3100g x 0,01g - AutoCal. A frequência de calibração é feita a cada 6 meses e possui selo do INMETRO.
	Conclusão	Faz-se necessário a apresentação das informações técnicas da balança para melhor compreensão.

As informações técnicas da balança são evidenciadas no Quadro -9. Elas foram retiradas do manual do fornecedor e orientam sobre a utilização e calibração.

Quadro - 9: Informações técnicas da balança da “linha 2”

(Continua)

INFORMAÇÕES	
Fabricação	2015
Capacidade máxima	3100 g
Capacidade mínima	0,5 g
Erro	0,1 g
Resolução (d)	0,01 g
Repetibilidade (desvio padrão)	10 mg
Linearidade	20 mg

Quadro - 9: Informações técnicas da balança da “linha 2”

(Conclusão)

Tempo de Estabilização	3 segundo
Tempo de Tara	1 segundo
Unidades de Pesagem	mg, g, ct, oz, dwt, tical, tola, mommes, baht, grão, mesghal, Newton, ozt, teals
Condições Operacionais	50° F / 10° C a 104° F / 40° C com umidade relativa de 10% a 80%, sem condensação, até 4000m acima do nível do mar
Condições de Armazenamento	-40° F / -40° C a 158° F / 70° C com umidade relativa de 10% a 80%, sem condensação.
Aplicações	Pesagem, Contagem de Peças, Percentual
Peso de Calibração - Span	2,3 kg
Peso de Calibração - Linearidade	1,5 / 3 kg

Fonte: Adaptado do Manual do produto, 2024

De acordo com as informações técnicas extraídas do manual do manual da balança, o peso de calibração - Span deveria ser 2,3 kg e o peso de calibração - Linearidade deveria ser 1,5 kg ou 3 kg. Contudo, atualmente, é feita a calibração com pesos de 1g, 500g, 2000g e 3100g. Diante disso, continuou-se com a investigação dos demais passos conforme o Quadro 8.

Quadro - 8: Brainstorming

(Continuação)

6	<b>Ausência da ação sobre estabilização da balança</b>	Não há nenhuma instrução de trabalho que informe que é necessário esperar a estabilização da balança
	Conclusão	Logo, as medições das amostras podem ter sido feitas incorretamente.
7	<b>Balança utilizada na aferição do envase desnivelada</b>	Apesar de existir uma instrução de trabalho voltada para o manuseio de balança eletrônica de mesa, os colaboradores não possuem o costume de nivelar a balança.
	Conclusão	Conseqüentemente, a balança fica desnivelada e ajustes não são feitos frequentemente (Figura 12).

Figura 12: Indicador de nível da balança da “linha 2”



Fonte: (Autora, 2024)

O Indicador de Nível é composto por água e uma bolinha de ar. Para que a balança esteja nivelada a bolinha de ar deve estar centralizada dentro da marcação circular. Como é possível ver na imagem acima, a bolinha de ar está deslocada para a direita e isso pode comprometer os resultados das medições. Diante disso, continuou-se com a investigação dos demais passos conforme o Quadro 8.

Quadro - 8: Brainstorming

(Continuação)

8	<b>Ausência de IT para configuração da balança do final da linha</b>	Pesar a caixa que será enviada para o cliente no final do processo é uma medida para garantir que os produtos foram envasados com o peso correto.
	Conclusão	Contudo, não há instrução de trabalho voltada para a para configuração da balança do final da linha.
9	<b>Temperatura ambiente não controlada</b>	O Controle Estatístico do Processo é feito a partir do cálculo de Cp e Cpk de 98 amostras dos lotes de produção. As amostras são pesadas em uma balança e os resultados são anotados no documento denominado “controle de peso”. Logo após isso, essas medições são digitadas e a massa é convertida em volume por meio da seguinte equação: $V = \frac{m}{d}$ .
	Conclusão	A densidade varia devido ao fato do ambiente da fábrica não possuir uma temperatura controlada. Ela diminui quando a temperatura aumenta e o inverso quando a temperatura diminui.
10	<b>Envase em desacordo com o projeto da máquina</b>	De acordo com o manual da máquina envasadora, os cilindros dosadores foram projetados para envase de 150 ml a 450 ml.
	Conclusão	Porém, ocorre o envase de 100ml a 1 L.
11	<b>Geração de espuma na hora do envase</b>	Os produtos automotivos produzidos na “linha 2” podem ser a base de água, álcool, óleo ou querosene e cada um deles possui características próprias. Alguns produtos geram espuma na hora do envase.
	Conclusão	Como a máquina envasa por meio de pistões e a espuma ocupa espaço dentro deles, corre o risco de ocorrer o envase abaixo dos limites de especificação. Já os produtos a base de querosene e óleo não apresentam espuma.

Quadro - 8: Brainstorming

(Continuação)

12	<b>Geração de bolhas de ar no interior dos bicos de envase</b>	As pausas que ocorrem durante o envase fazem com que o ar entre nos bicos e formam bolhas (Figura 13).
	Conclusão	Isso pode prejudicar o envase, uma vez que essas bolhas de ar ocupam espaço nas mangueiras e podem provocar variação no peso. Além disso, de acordo com o manual, uma possível causa da variação de enchimento é a falta de fluxo de produto de envase nas mangueiras. Ou seja, não é recomendável realizar pausas.

Figura 13: Bolhas de ar nas mangueiras da linha 2



Fonte: (Autora, 2024)

Quadro - 8: Brainstorming

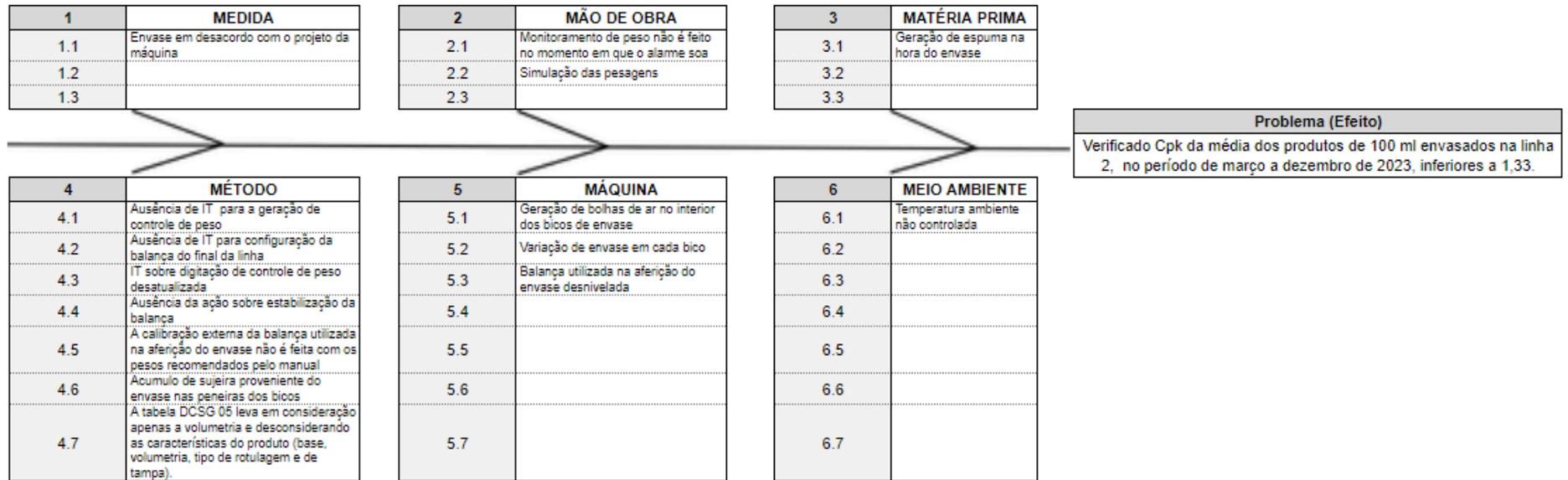
(Conclusão)

13	<b>Acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos</b>	De acordo com o manual da máquina, a cada 10h de trabalho deve-se limpar todos os pontos do equipamento onde possa ter acúmulo do produto envasado. Na empresa estudada não existe a prática de consultar o manual das máquinas, logo, não era de conhecimento geral essa manutenção preventiva.
	Conclusão	Quando as peneiras dos bicos da envasadora estão sujas comprometem o envase adequado.
14	<b>A tabela DCSG 05 leva em consideração apenas a volumetria e desconsiderando as características do produto (base, volumetria, tipo de rotulagem e de tampa)</b>	A tabela de configuração de dosagem de produto foi montada com base apenas na volumetria sendo que produtos de mesmo volume possuem componentes distintos e apresentam comportamentos particulares.
	Conclusão	Logo, a configuração incorreta pode contribuir para a variação do processo de envase ser superior ao limite.
15	<b>Variação de envase em cada bico</b>	A máquina de envase possui bicos de enchimento e eles não podem ser configurados separadamente.
	Conclusão	Contudo, em alguns momentos um ou mais bicos envasam fora dos limites de especificação enquanto os demais envasam dentro dos limites.

#### **4.6 Diagrama Ishikawa**

Após o brainstorming foi elaborado o Diagrama de Ishikawa. As possíveis causas do problema foram alocadas nos seguintes grupos: medida, mão de obra, matéria prima, método, máquina e meio ambiente. A representação visual desse agrupamento está disponível na Figura 14.

Figura 14: Diagrama de Ishikawa das causas do problema da “linha 2”



Fonte: (Autora, 2024)

A partir do Diagrama de Ishikawa foi possível perceber que a maioria das possíveis causas estão relacionadas com o método utilizado na linha de produção 2. Foram listadas 15 possíveis causas que podem estar tornando o processo incapaz de atender os limites de especificação. Contudo, devido a disponibilidade de tempo, tornou-se necessário escolher apenas algumas dessas causas para serem analisadas. Diante disso, foi elaborada uma matriz de priorização.

#### **4.7 Matriz de priorização**

A matriz de priorização, por definição da empresa, foi feita a partir da aplicação de questionário com três colaboradores da qualidade, dois colaboradores da produção e dois colaboradores da manutenção. Os participantes atribuíram notas para cada uma das 15 possíveis causas, seguindo as seguintes regras: apenas 3 itens podem ter nota 9, apenas 5 itens podem ter nota 3 e o restante deve ter nota 1. Sendo que a nota 9 é atribuída à possível causa que é mais provável e a nota 1 é atribuída à possível causa que é menos provável. Após coletar os resultados dos questionários as notas que cada possível causa recebeu dos diferentes participantes foram somadas, tal como pode ser evidenciado no Quadro - 10.

Quadro - 10: Matriz de priorização das causas do problema da linha 2

(Continua)

Possíveis causas	Qualidade 1	Qualidade 2	Qualidade 3	Produção 1	Produção 2	Manutenção 1	Manutenção 2	Total
Temperatura ambiente não controlada	1	1	1	1	1	1	1	7
Envase em desacordo com o projeto da máquina	3	3	9	9	9	9	3	45
Ausência de IT para a geração de controle de peso	1	1	1	1	1	3	1	9
Ausência de IT para configuração da balança do final da linha	1	1	3	1	1	3	3	13
IT sobre digitação de controle de peso desatualizada	1	1	1	1	1	3	1	9
Ausência da ação sobre estabilização da balança	3	1	3	1	1	9	1	19
Geração de espuma na hora do envase	3	3	3	3	3	3	9	27
Varição de envase em cada bico	9	9	9	9	9	1	9	55
A calibração externa da balança utilizada na aferição do envase não é feita com os pesos recomendados pelo manual	1	1	1	1	1	1	1	7
Acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos	3	9	3	9	9	3	9	45
A tabela DCSG 05 leva em consideração apenas a volumetria e desconsiderando as características do produto (base, volumetria, tipo de rotulagem e de tampa).	9	1	1	3	3	9	3	29

Quadro - 10: Matriz de priorização das causas do problema da “linha 2”

(Conclusão)

Monitoramento de peso não é feito no momento em que o alarme soa	1	1	1	1	1	1	1	7
Simulação das pesagens	1	1	1	3	3	1	1	11
Balança utilizada na aferição do envase desnivelada	1	1	3	3	3	1	3	15
Geração de bolhas de ar no interior dos bicos de envase	9	9	9	3	3	1	3	37

Fonte: (Autora, 2024)

A partir da matriz de priorização foi possível concluir que a variação de envase de cada bico é a causa mais provável de tornar o processo incapaz de atender os limites de especificação. A segunda causa mais provável são “envase em desacordo com o projeto da máquina” e “acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos”. A terceira causa mais provável é “geração de bolhas de ar no interior dos bicos de envase”.

#### **4.8 5 Porquês**

Após a elaboração da matriz de priorização, foi utilizado o método dos 5 porquês para as quatro possíveis causas mais prováveis. O Quadro - 11 evidencia os resultados obtidos a partir deste método.

Quadro - 11: 5 Porquês das causas mais prováveis do problema da “linha 2”

(Continua)

Causa à Analisar	Porque	Porque	Porque	Porque	Porque
Variação de envase em cada bico	Porque são geradas bolhas de ar no interior dos bicos de envase	Porque não há fluxo constante de produto nas mangueiras e isso faz com que o bico dosador seja preenchido parcialmente	Porque há paradas durante o processo de envase	Porque existem pausas planejadas para os intervalos de almoço e descanso	
				Porque ocorrem imprevistos durante o processo	
	Porque o envase é feito em desacordo com o projeto da máquina	Porque os cilindros dosadores foram projetados para envase de produtos de 150 ml a 450 ml, mas realizam envase de 100ml	Porque não foi realizado um estudo que avalie a melhor máquina para cada tipo de produto produzido na fábrica	Porque não foram identificadas oportunidades de melhoria	Porque houve falha na análise crítica das tarefas realizadas
				Porque a envasadora da “linha 2” é a única máquina da fábrica capaz de envasar produtos com uma volumetria próxima da ideal	Porque cada linha de produção atende as necessidades de um determinado grupo de produtos

Quadro - 11: 5 Porquês das causas mais prováveis do problema da linha 2

(Continuação)

Variação de envase em cada bico	Porque há acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos	Porque a manutenção preventiva não é feita conforme prescrito no manual. Nele diz que se deve limpar diariamente ou a cada 10 horas de trabalho todos os pontos do equipamento onde possa ter acúmulo do produto envasado	Porque não há um procedimento prescrito para essa tarefa	Porque os responsáveis pela linha não identificaram oportunidades de melhoria	Porque houve falha na análise crítica das tarefas realizadas
	Porque as mangueiras não estão encaixadas corretamente ou estão com folga na válvula obturadora (posição de entrada dos tubos)	Porque o setup não foi feito corretamente	Porque o operador não seguiu a instrução de trabalho	Porque a instrução de trabalho não estava disponível em fácil acesso	
	Porque existem mangueiras estranguladas ou folgadas no conjunto de envase				
	Porque as válvulas não estão bem apertadas				

Quadro - 11: 5 Porquês das causas mais prováveis do problema da linha 2

(Continuação)

Variação de envase em cada bico	Porque as gaxetas dos pistões de envase estão arranhadas ou danificadas	Porque não foi realizada inspeção visual das gaxetas dos pistões	Porque não há um procedimento prescrito para essa tarefa		
	Porque os anéis o'ring de vedação das válvulas ou da camisa de envase estão danificados	Porque a manutenção preventiva não foi feita conforme prescrito no manual. Nele diz que os anéis o'ring de vedação das válvulas ou da camisa de envase devem ser trocados trimestralmente ou a cada 600 horas de trabalho.	Porque o planejamento de manutenção preventiva é fixo para a linha inteira e não leva em consideração as necessidades individuais de manutenção de cada peça que compõe a máquina		
	Porque a configuração de envase não é a correta	Porque ao elaborar a configuração atual não foram consideradas as diferentes bases dos produtos ao fazer o estudo de envase	Porque não foram identificadas oportunidades de melhoria	Porque houve falha na análise crítica das tarefas realizadas	
	Porque não é feita a configuração mecânica dos pistões da máquina	Porque não há um procedimento prescrito para essa tarefa	Porque os responsáveis pela linha não identificaram oportunidades de melhoria	Porque houve falha na análise crítica das tarefas realizadas	

Quadro - 11: 5 Porquês das causas mais prováveis do problema da linha 2

(Continuação)

Envase em desacordo com o projeto da máquina	Porque os cilindros dosadores foram projetados para envase de produtos de 150 ml a 450 ml, mas realizam envase de 100ml	Porque não foi realizado um estudo que avalie a melhor máquina para cada tipo de produto produzido na fábrica	Porque não foram identificadas oportunidade de melhoria	Porque houve falha na análise crítica das tarefas realizadas	
		Porque a envasadora da “linha 2” é a única máquina da fábrica capaz de envasar produtos com uma volumetria próxima da ideal	Porque cada linha de produção atende as necessidades de um determinado grupo de produtos		
Acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos	Porque a manutenção preventiva não é feita conforme prescrito no manual. Nele diz que deve-se limpar diariamente ou a cada 10 horas de trabalho todos os pontos do equipamento onde possa ter acúmulo do produto envasado	Porque não há um procedimento prescrito para essa tarefa	Porque os responsáveis pela linha não identificaram oportunidades de melhoria	Porque houve falha na análise crítica das tarefas realizadas	

Quadro - 11: 5 Porquês das causas mais prováveis do problema da linha 2

(Continuação)

Geração de bolhas de ar no interior dos bicos de envase	Porque não há fluxo constante de produto nas mangueiras e isso faz com que o bico dosador seja preenchido parcialmente	Porque há paradas durante o processo de envase	Porque existem pausas planejadas para os intervalos de almoço e descanso		
			Porque ocorrem imprevistos durante o processo		
	Porque as mangueiras não estão encaixadas corretamente ou estão com folga na válvula obturadora (posição de entrada dos tubos)	Porque o setup não foi feito corretamente	Porque o operador não seguiu a instrução de trabalho	Porque a instrução de trabalho não estava disponível em fácil acesso	
	Porque existem mangueiras estranguladas ou folgadas no conjunto de envase				
Porque as válvulas não estão bem apertadas					

Fonte: (Autora, 2024)

A partir dos 5 porquês foi possível detectar que a variação de envase de cada bico é a causa raiz mais provável de tornar o processo incapaz de atender os limites de especificação. Além disso, foi possível detectar que o envase em desacordo com o projeto da máquina, o acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos e a geração de bolhas de ar no interior dos bicos de envase provocam a causa raiz do problema. Dessa forma, foi possível detectar oito ações que provocam a causa raiz. São elas:

- (i) as pausas geram bolhas de ar no interior dos bicos de envase;
- (ii) a falha na análise crítica das tarefas realizadas provocou o envase em desacordo com o projeto da máquina;
- (iii) o fato de os responsáveis pela linha não identificarem oportunidades de melhoria faz com que ocorra acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos;
- (iv) o difícil acesso à instrução de trabalho faz com que as mangueiras não sejam encaixadas corretamente, estejam estranguladas ou folgadas no conjunto de envase, além de fazer com que as válvulas não sejam bem apertadas;
- (v) a ausência de um procedimento prescrito para a realização de inspeção visual das gaxetas dos pistões faz com que elas permaneçam arranhadas ou danificadas;
- (vi) o fato de o planejamento de manutenção preventiva ser fixo para a linha inteira e não leva em consideração as necessidades individuais de manutenção de cada peça que compõe a máquina faz com que os anéis o'ring de vedação das válvulas ou da camisa de envase estejam danificados;
- (vii) a falha na análise crítica das tarefas realizadas faz com que a configuração de envase seja incorreta; e
- (viii) a falha na análise crítica das tarefas realizadas provoca a ausência de configuração mecânica dos pistões da máquina

#### **4.9 5W2H**

Após detectar as ações que provocam a causa raiz foi elaborado um plano de ação, de acordo com a metodologia 5W2H. O Quadro - 12 evidencia os resultados obtidos a partir deste método.

Quadro - 12: 5W2H

(Continua)

ID	O quê?	Por que?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto irá custar?
i	Elaborar uma instrução de trabalho que ensine a reiniciar a produção após uma pausa.	Porque as pausas geram bolhas de ar no interior dos bicos de envase	Linha 2	01/07/2024 a 01/08/2024	Autora	(i) Redigir um texto claro sobre as etapas do processo de pesagem de todos os fracos após as pausas. Deve ser informado que a pesagem irá se encerrar apenas quando os pesos tiverem baixa variabilidade; (ii) Tirar fotos para exemplificar o processo; e (iii) Treinar os colaboradores.	-
ii	Realizar um estudo de viabilidade econômica da aquisição de uma máquina que seja adequada para todos os produtos da linha 2	Porque a falha na análise crítica das tarefas realizadas provocou o envase em desacordo com o projeto da máquina	Linha 2	02/08/2024 a 02/11/2024	Autora	Fazer a cotação da nova máquina e realizar os cálculos de payback, VPL, VAUE, CAUE, TIR e IBC.	-
iii	Criar uma instrução de trabalho que oriente os operadores a limparem peneiras do bico de envase.	Porque o fato dos responsáveis pela linha não identificarem oportunidades de melhoria faz com que ocorra acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos	Linha 2	01/07/2024 a 01/08/2024	Autora	(i) Realizar um estudo para avaliar a quantidade de tempo que leva para gerar acúmulo de sujeira nas peneiras do bico de envase; (ii) Redigir um texto claro sobre as etapas do processo de limpeza das peneiras do bico de envase; (iii) Tirar fotos para exemplificar o processo; (iv) Treinar os colaboradores.	-

Quadro - 12: 5W2H

(Continuação)

iv	Complementar o quadro Gemba com a seção de instrução de trabalho para facilitar o acesso a elas.	Porque o difícil acesso à instrução de trabalho faz com que as mangueiras não sejam encaixadas corretamente	Linha 2	02/08/2024 a 02/11/2024	Manutenção e Autora	(i) Fazer a cotação de quanto irá custar para complementar o quadro; (ii) Abrir ordem de serviço; (iii) A manutenção deverá instalar o quadro ajustado na “linha 2”; e (v) Os colaboradores deverão ser treinados a adicionar no quadro apenas as instruções relacionadas com as atividades do dia e as demais permanecerão guardadas na pasta da linha.	-
v	Criar uma instrução de trabalho que oriente realizarem inspeção visual das gaxetas dos pistões	Porque a ausência de um procedimento prescrito para a realização de inspeção visual das gaxetas dos pistões faz com que elas permaneçam arranhadas ou danificadas	Linha 2	01/07/2024 a 01/08/2024	Autora	(i) Redigir um texto claro sobre as etapas do processo de inspeção visual das gaxetas dos pistões; (ii) Tirar fotos para exemplificar o processo; (iii) Treinar os colaboradores.	-
vi	Revisar o planejamento de manutenção preventiva da “linha 2”	Porque o fato de o planejamento de manutenção preventiva ser fixo para a linha inteira e não leva em consideração as necessidades individuais de manutenção de cada peça que compõe a máquina faz com que os anéis o’ring de vedação das válvulas ou da camisa de envase esteja danificado	Linha 2	02/08/2024 a 02/11/2024	Manutenção e Autora	(i) Mapear todas as peças da envasadora da “linha 2” (ii) Consultar o manual para elaborar um planejamento de manutenção preventiva para cada peça (iii) avaliar a viabilidade da implementação desse novo plano	-

Quadro - 12: 5 5W2H

(Conclusão)

vii	Atualizar a tabela DCSG 05 (tabela de configuração do painel da envasadora da “linha 2”)	Porque a falha na análise crítica das tarefas realizadas faz com que a configuração de envase seja incorreta	Linha 2	02/08/2024 a 02/11/2024	Produção e Autora	Realizar um estudo sobre as configurações ideais dos produtos de 100mL levando em consideração a base deles	-
viii	Elaborar uma instrução de trabalho que ensine a realizar a configuração mecânica dos pistões da máquina	Porque a falha na análise crítica das tarefas realizadas provoca a ausência de configuração mecânica dos pistões da máquina	Linha 2	02/08/2024 a 02/11/2024	Manutenção e Autora	(i) Redigir um texto claro sobre as etapas do processo da configuração mecânica dos pistões da máquina; (ii) Tirar fotos para exemplificar o processo; (iii) Treinar os colaboradores.	-

Fonte: (Autora, 2024)

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo geral propor melhorias para o processo de envase dos produtos de 100ml da “linha 2” de uma fábrica de produtos automotivos e assim torná-lo capaz de atender os limites de especificação e obter Cpk igual a 1,33. Além disso, com o objetivo específico de encontrar a causa raiz do problema deve-se realizar todas as etapas da primeira parte do Ciclo PDCA, o *Plan* (planejar) por meio das seguintes ferramentas de qualidade: brainstorming, Ishikawa, matriz de priorização, 5 por quês e 5W2H.

Por meio dos procedimentos utilizados pode-se encontrar que a variação de envase de cada bico é a causa mais provável de tornar o processo incapaz de atender os limites de especificação. A segunda causa mais provável são “envase em desacordo com o projeto da máquina” e “acúmulo de sujeira proveniente do envase nas peneiras dos bicos”. A terceira causa mais provável é “geração de bolhas de ar no interior dos bicos de envase”.

Diante disso, foram propostas oito melhorias. São elas: (i) Elaborar uma instrução de trabalho que ensine a reiniciar a produção após uma pausa; (ii) Realizar um estudo de viabilidade econômica da aquisição de uma máquina que seja adequada para todos os produtos da linha 2; (iii) Criar uma instrução de trabalho que oriente os operadores a limpem peneiras do bico de envase; (iv) Complementar o quadro Gemba com a seção de instrução de trabalho para facilitar o acesso a elas; (v) Criar uma instrução de trabalho que oriente realizarem inspeção visual das gaxetas dos pistões; (vi) Revisar o planejamento de manutenção preventiva da “linha 2”; (vii) Atualizar a tabela DCSG 05 (tabela de configuração do painel da envasadora da “linha 2”); e (viii) Elaborar uma instrução de trabalho que ensine a realizar a configuração mecânica dos pistões da máquina.

Por fim, recomenda-se que em estudos futuros sejam realizadas as demais etapas do ciclo PDCA a partir do planejamento atual. Dessa forma será possível tornar o processo de envase dos produtos de 100ml da “linha 2” de uma fábrica de produtos automotivos capaz de atender os limites de especificação e obter Cpk igual a 1,33.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 8402:1994. Gestão da qualidade e garantia da qualidade - Terminologia.** Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9000:2015, Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário.** Rio de Janeiro, 2015.

ANFAVEA. **Projeções ANFAVEA 2024.** São Paulo: ANFAVEA, 2024. Disponível em: <<https://anfavea.com.br>>. Acesso em: 26 de Março de 2024.

BRASIL. **Portaria do Inmetro nº 248 de 17 de julho de 2008.** Brasília, 2008. Disponível em: <Legislação Inmetro>. Acesso em: 21 de Dez. de 2023.

BRASIL. **Portaria do Inmetro nº 93, de 21 de março de 2022.** Brasília, 2022. Disponível em: <Legislação Inmetro>. Acesso em: 21 de Dez. de 2023.

CARVALHO, Marly Monteiro., PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: Teoria e caos. 2.** Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CESÁRIO, Jonas Magno dos Santos. Et al. **Metodologia científica: Principais tipos de pesquisas e suas características.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 11, Vol. 05, pp. 23-33. Novembro de 2020.

COSTA, Antonio Fernando, B. et al. **Controle Estatístico de Qualidade. 2.** São Paulo: Grupo GEN, 2018.

EXACTITUD CONSULTANCY. Mercado de produtos para cuidados automotivos por tipo de produto. Disponível em: <<https://exactitudeconsultancy.com>>. Acesso em: 26 de Março de 2024.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. **Análise de dados: técnicas multivariadas exploratórias com SPSS e STATA.** São Paulo: GEN Atlas, 2015. 1 recurso online. ISBN 9788595155589.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS e Stata.** Rio de Janeiro: GEN LTC, 2017. 1 recurso online. ISBN 9788595155602.

GAYER, Jéssika Alvares Coppi Arruda. **Gestão da qualidade total e melhoria contínua de processos. 1. ed.** São Paulo: Contentus, 2020. 1 recurso online. ISBN 9786557452059.

MARCONI, Marina de Andrade.; LAKATOS, Eva Maria **Fundamentos da metodologia científica (7th ed.).** São Paulo: Atlas, 2010.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade. 7.** São Paulo: LCT, 2016.

OICA. Disponível em: <<https://www.oica.net>>. Acesso em: 26 de Março de 2024.

WEISS, A. E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WERKEMA, Cristina. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas ao PDCA e DMAIC**. 1. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2014.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. São Paulo: GEN Atlas, 2012. 1 recurso online. (Werkema de excelência empresarial). ISBN 9788595154537.