

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

MARIA CAROLINA COUTO CAMPOS

Utilização da metodologia 8D para resolução de problemas: um estudo de caso  
de uma multinacional do setor de equipamentos

São Carlos

2023

[Digite aqui]

MARIA CAROLINA COUTO CAMPOS

Utilização da metodologia 8D para resolução de problemas: um estudo de caso  
de uma multinacional do setor de equipamentos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Materiais e Manufatura, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira de Materiais e Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Aparecido Chinelatto

São Carlos

2023

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da  
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

C198u Couto Campos, Maria Carolina  
Utilização da metodologia 8D para resolução de  
problemas: um estudo de caso de uma multinacional do  
setor de equipamentos / Maria Carolina Couto Campos;  
orientador Marcelo Aparecido Chinelatto. São Carlos,  
2023.

Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais  
e Manufatura) -- Escola de Engenharia de São Carlos da  
Universidade de São Paulo, 2023.

1. Metodologia 8D. 2. Borracha nitrílica (NBR). 3.  
Blenda PVC/NBR. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

## FOLHA DE APROVAÇÃO

|   |
|---|
| <b>Candidato / Student:</b> Maria Carolina Couto Campos   |
| <b>Título do TCC / Title:</b> Utilização da metodologia 8D para resolução de problemas: um estudo de caso de uma multinacional do setor de equipamentos |
| <b>Data de defesa / Date:</b> 13/07/2023  |

| <b>Comissão Julgadora / Examining committee</b>     | <b>Resultado / Result</b> |
|---|---------------------------|
| Professor Marcelo Aparecido Chinelatto (orientador) | Aprovada                  |
| Instituição / Affiliation: EESC - SMM               |                           |
| Professor Fernando César Almada Santos              | Aprovada                  |
| Instituição / Affiliation: EESC - SEP               |                           |
| Professor Walther Azzolini Junior                   | Aprovada                  |
| Instituição / Affiliation: EESC - SEP               |                           |

Presidente da Banca / Chair of the Examining Committee

**Professor Marcelo Aparecido Chinelatto**

[Digite aqui]

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter iluminado os caminhos que me fizeram chegar aonde estou, ao lado da minha família e de pessoas incríveis que conheci ao longo da graduação na USP – São Carlos. Agradeço também aos meus pais Kênia Couto e Lázaro Campos e à minha irmã Gabriela pelo apoio e incentivo em todas as etapas da minha vida, e por sempre acreditarem no meu potencial. Ao meu namorado André por todo o apoio durante a graduação e por estar sempre presente em cada desafio e vitória alcançada. Agradeço também à toda minha família e amigos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concluído. Por fim, agradeço aos docentes da USP - São Carlos pelos ensinamentos que auxiliaram no meu desenvolvimento acadêmico, em especial ao professor Marcelo Chinelatto pela orientação neste trabalho.

## RESUMO

CAMPOS, M. C. C. **Utilização da metodologia 8D para resolução de problemas: um estudo de caso de uma multinacional do setor de equipamentos.** 2023. 60 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

O presente trabalho descreve a utilização da metodologia das oito disciplinas (8D) por uma empresa multinacional, fabricante de embalagens cartonadas e equipamentos para envase de alimentos e bebidas, localizada no interior do Estado de São Paulo. Primeiramente o estudo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de qualidade e como eles foram se modificando ao longo dos anos. O objetivo deste trabalho consiste em comparar a metodologia 8D descrita na literatura científica com a aplicação desta metodologia pela empresa, na resolução de um problema de desgaste prematuro em uma peça. Como objetivo secundário, de forma a explorar a solução para o problema ocorrido em uma peça denominada ventosa constituída de borracha nitrílica (NBR), há um breve contexto histórico sobre os elastômeros, bem como uma abordagem comparativa entre a borracha nitrílica (NBR) e a blenda PVC/NBR em termos de propriedades mecânicas, visto que a causa raiz do problema estudado se encontra no tipo de material que constitui a ventosa. Em seguida, o estudo apresenta uma explicação sobre o método de pesquisa e a caracterização da empresa, detalhando o problema a ser estudado. Posteriormente, o trabalho apresenta uma análise descritiva sobre o caso estudado, e logo após é discutido a convergência entre o método 8D no que tange à realidade praticada pela empresa, e as definições apresentadas na teoria de acordo com a literatura científica. De maneira geral, a empresa segue o que diz a teoria, porém há algumas divergências pontuais nas etapas de descrição do problema e na implementação de ações corretivas. Com relação a solução implementada, foram exploradas as possíveis razões pelas quais houve a substituição da borracha NBR pela blenda PVC/NBR. Por fim, o trabalho apresenta as conclusões finais, as quais retratam a eficácia da metodologia 8D para resolução de problemas, e o sucesso da empresa ao fornecer uma solução viável e efetiva ao cliente.

Palavras-chave: Gestão da qualidade. Metodologia 8D. Borracha nitrílica (NBR). Blenda PVC/NBR.

[Digite aqui]

## ABSTRACT

CAMPOS, M. C. C. **Use of the 8D methodology for problem solving: a case study of a multinational in the equipment sector.** 2023. 60 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

The present work describes the utilization of the Eight Disciplines (8D) methodology by a multinational company, which is a manufacturer of carton packaging and equipment for food and beverage filling, located in the interior of the State of São Paulo. Firstly, the study presents a literature review on the concepts of quality and how they have evolved over the years. The objective of this work is to compare the 8D methodology as described in scientific literature with its application by the company in resolving a premature wear problem in a component. As a secondary objective, in order to explore the solution to the problem encountered in a component called a suction cup made of nitrile rubber (NBR), there is a brief historical context on elastomers, as well as a comparative approach between nitrile rubber (NBR) and PVC/NBR blend in terms of mechanical properties, given that the root cause of the studied problem lies in the type of material that constitutes the suction cup. Subsequently, the study provides an explanation of the research method and characterizes the company, detailing the problem to be studied. Later, the paper presents a descriptive analysis of the case study, followed by a discussion on the alignment between the 8D method as practiced by the company and the definitions presented in theory according to scientific literature. In general, the company adheres to the theoretical principles; however, there are some specific divergences in the stages of problem description and the implementation of corrective actions. Regarding the implemented solution, the possible reasons for replacing NBR rubber with PVC/NBR blend are explored. Finally, the study presents the final conclusions, which reflect the effectiveness of the 8D methodology in problem resolution and the company's success in providing a viable and effective solution to the customer.

Keywords: Quality management. 8D methodology. Nitrile rubber (NBR). PVC/NBR blend.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Exemplo de um Gráfico de Pareto para tipos de defeitos de lentes .....           | 30 |
| Figura 2: Estrutura básica do diagrama de Ishikawa .....                                   | 27 |
| Figura 3: Exemplos de causas secundários do diagrama de Ishikawa .....                     | 28 |
| Figura 4: Processo de vulcanização da borracha utilizando enxofre .....                    | 36 |
| Figura 5: Esquema simplificado de obtenção do copolímero .....                             | 37 |
| Figura 6: Propriedades obtidas na borracha NBR de acordo com o teor de acrilonitrila ..... | 38 |
| Figura 7: Áreas de soluções oferecidas pela Empresa .....                                  | 40 |
| Figura 8: Ventosa com desgaste prematuro .....   | 42 |
| Figura 9: Fluxograma do processo decisório para utilização da metodologia 8D na Empresa    | 45 |
| Figura 10: Análise da causa raiz da ventosa danificada .....                               | 48 |

[Digite aqui]

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: As quatro principais eras da qualidade segundo Garvin (1992).....              | 22 |
| Tabela 2: As sete perguntas utilizadas no 5W2H.....                                      | 25 |
| Tabela 3: Exemplo da utilização da matriz é/não é para entendimento de um problema ..... | 26 |
| Tabela 4: Atividade relacionadas a coleta de dados do estudo de caso.....                | 41 |
| Tabela 5: Papéis e responsabilidades para resolução do problema .....                    | 47 |
| Tabela 6: Descrição do problema utilizando o 5W2H .....                                  | 47 |
| Tabela 7: Lições aprendidas registradas pela equipe.....                                 | 53 |

[Digite aqui]

## SUMÁRIO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | INTRODUÇÃO.....   | 17 |
| 1.1     | Contextualização .....  | 17 |
| 1.2     | Objetivo geral .....  | 18 |
| 1.3     | Justificativa.....  | 18 |
| 2       | FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....  | 19 |
| 2.1     | Conceitos da qualidade.....   | 19 |
| 2.2     | Eras da qualidade.....  | 20 |
| 2.3     | Ferramentas da qualidade .....  | 23 |
| 2.3.1   | Principais ferramentas da qualidade utilizadas na metodologia 8D..... | 23 |
| 2.3.1.1 | <i>Brainstorming</i> .....  | 23 |
| 2.3.1.2 | Ferramenta 5W2H .....   | 24 |
| 2.3.1.3 | Modelo É/ Não é.....  | 25 |
| 2.3.1.4 | Diagrama de causa e efeito.....                                       | 26 |
| 2.3.1.5 | Ferramenta dos 5 porquês.....   | 28 |
| 2.3.1.6 | Princípio de Pareto .....   | 29 |
| 2.4     | Conceito da Metodologia das 8 Disciplinas (8D) .....                  | 30 |
| 2.4.1   | As 8 Disciplinas - Etapas da metodologia 8D.....                      | 31 |
| 2.5     | Histórico da borracha .....   | 35 |
| 2.6     | Processo de vulcanização .....  | 35 |
| 2.6.1   | Processo de vulcanização da NBR com enxofre.....                      | 36 |
| 2.7     | Borracha NBR .....  | 37 |
| 2.7.1   | Propriedades da borracha nitrílica.....                               | 38 |
| 2.8     | Blenda PVC/ NBR.....  | 39 |
| 3       | MÉTODO DE PESQUISA .....  | 40 |
| 3.1     | Caracterização da Empresa.....  | 40 |
| 3.2     | Levantamento e análise dos dados .....                                | 41 |
| 3.3     | Definição do caso a ser estudado.....                                 | 41 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4 Classificação da pesquisa .....  | 43 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....   | 44 |
| 4.1 Utilização do Método 8D pela empresa .....                                   | 44 |
| 4.2 Etapas de aplicação da metodologia 8D no problema da empresa.....            | 46 |
| 4.2.1 Disciplina 1 - Criação da Equipe .....                                     | 46 |
| 4.2.2 Disciplina 2 - Descrição do Problema.....                                  | 47 |
| 4.2.3 Disciplina 3 - Contenção do problema.....                                  | 48 |
| 4.2.4 Disciplina 4 - Identificação da causa raiz .....                           | 48 |
| 4.2.4.1 Possíveis causas raízes relacionadas a máquina.....                      | 49 |
| 4.2.4.2 Possíveis causas raízes relacionadas ao trabalho humano.....             | 49 |
| 4.2.4.3 Possíveis causas raízes relacionadas ao método.....                      | 50 |
| 4.2.4.4 Possíveis causas raízes relacionadas ao material .....                   | 50 |
| 4.2.5 Ações corretivas .....   | 51 |
| 4.2.6 Disciplina 5 - Validação das ações corretivas.....                         | 52 |
| 4.2.7 Disciplina 6 - Implementação das ações corretivas .....                    | 52 |
| 4.2.8 Disciplina 7 - Prevenção da recorrência do problema .....                  | 52 |
| 4.2.9 Disciplina 8 – Parabenização da equipe.....                                | 53 |
| 4.3 Obstáculos para implementação da metodologia 8D na empresa .....             | 54 |
| 4.4 Comparação entre a teoria da metodologia 8D e a praticada pela empresa ..... | 54 |
| 5 CONCLUSÃO.....   | 57 |
| REFERÊNCIAS .....  | 58 |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

O conceito atual de qualidade de um produto ou serviço está diretamente relacionado com a capacidade em atender as necessidades do cliente ao longo do ciclo produtivo, sejam elas explícitas ou implícitas. Neste contexto, observa-se um aumento da competitividade global das empresas, devido ao atual cenário da economia mundial, que abrange o rápido e intenso desenvolvimento de novas tecnologias, fusões entre instituições, formação de redes de colaboração empresarial, terceirização, entre outros fatores que requerem artifícios para driblar a concorrência (GALDÁMEZ; CARPINETTI; GEROLAMO, 2009).

Frente a isto, as organizações se veem pressionadas a investir em novas tecnologias e em práticas de gerenciamento, com o intuito de permanecerem competitivas ao mercado (CARPINETTI, 2000). Dessa maneira, de acordo com Bastos (2012), a qualidade assume um papel fundamental de estratégia e diferenciação das empresas em seus ramos de negócio, não se restringindo apenas ao suporte à inspeção e controle da produção.

Dentre as técnicas de gestão da qualidade de produtos e processos, existem as ferramentas de qualidade que contribuem para a identificação de problemas e auxiliam no entendimento de causas raízes, com o intuito de mitigar ou erradicar a origem do desvio encontrado (CARPINETTI, 2016). Uma das técnicas que se destaca na resolução de problemas de qualidade é a metodologia das 8 Disciplinas (8D), que visa identificar e eliminar a causa raiz de problemas oriundos do cliente, na busca pela melhoria contínua. Assim, o propósito deste trabalho consiste em entender como a metodologia 8D é utilizada na resolução de um problema de desgaste prematuro de um componente de máquina constituído por borracha NBR, em uma multinacional responsável por fornecer equipamentos de processamento e envase de alimentos.

## **1.2 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo comparar a metodologia 8D descrita na literatura científica com a aplicação desta metodologia na resolução de um problema de desgaste prematuro em uma peça constituída por borracha nitrílica (NBR), por uma multinacional responsável por fabricar embalagens de alimentos e por fornecer equipamentos para envase de diversos produtos. Como o problema estudado trata-se de um material polimérico, tem-se como objetivo adicional avaliar a solução implementada por meio da investigação dos parâmetros que influenciam as propriedades da borracha NBR.

## **1.3 Justificativa**

De acordo com Hage Jr (1998), os materiais poliméricos revolucionaram o desenvolvimento tecnológico do século XX, estando presentes nas mais diversas aplicações do setor automotivo, de embalagens, na medicina, entre outros. No contexto de uma fábrica que necessita de componentes poliméricos em seus equipamentos, é de extrema importância a correta seleção do material, de forma a haver um bom custo-benefício entre produtividade e custo com manutenção e trocas de peças das máquinas, caso contrário, as paradas da operação ocasionadas pelas falhas dos componentes podem impactar no resultado do cliente final.

No contexto em que a busca pela melhoria contínua no ambiente industrial é fator preponderante para que as empresas mantenham a competitividade frente aos concorrentes, a metodologia 8D pode ser aplicada para reduzir ou eliminar problemas, por meio da utilização de diversas ferramentas de qualidade, com o objetivo de identificar a causa raiz dos entraves que comprometem a produção, alcançando a satisfação e a fidelidade do cliente.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Conceitos da qualidade

De acordo com Garvin (1992), o conceito de qualidade é complexo, pois pode ser interpretado de formas diferentes em uma mesma empresa, a depender da perspectiva empregada pelas diferentes áreas, como marketing, engenharia ou produção. Dessa forma, Garvin (1992) define a qualidade sob as cinco principais abordagens descritas a seguir:

- 1) **Transcendente:** esta abordagem trata a qualidade como sinônimo de “excelência inata”, podendo ser reconhecida por meio da experiência e expertise. O impasse desta definição é que ela possui pouca orientação prática, visto que não pode ser definida com precisão.
- 2) **Baseada no produto:** o conceito de qualidade baseada no produto leva em consideração a quantidade de determinado atributo ou componente do produto, sendo desta forma mensurável e precisa. Assim, quanto maior a quantidade do atributo, maior o nível de qualidade, embora o custo seja mais alto. No entanto, esta definição é limitada no sentido de que um produto é capaz de possuir alta qualidade devido a um conjunto de características, e não simplesmente por possuir uma grande quantidade de atributos.
- 3) **Baseada no usuário:** esta definição parte do pressuposto de que a qualidade é medida de acordo com as preferências do consumidor, ou seja, quanto mais determinado produto atender aos desejos do consumidor, mais qualidade ele possui. No entanto, devido à subjetividade deste conceito, observa-se uma dificuldade em padronizar as preferências individuais e distinguir as características do produto que maximizam a satisfação do consumidor, para que se obtenha uma qualidade em nível de mercado.
- 4) **Baseada na produção:** nesta abordagem, a qualidade está relacionada ao atendimento das especificações técnicas do produto, e ao cumprimento de prazos ao entregar um serviço. No entanto, dá-se pouca atenção a percepção do cliente relacionada às características desejadas do produto ou serviço além da conformidade.

- 5) **Baseada no valor:** a qualidade é definida com base no custo e no preço do produto. Desta forma, um produto de qualidade é um produto com bom desempenho, que apresenta um custo aceitável. Embora importante, este conceito pode ser subjetivo pois relaciona conceitos de excelência e valor, não possuindo limites bem definidos.

Com base nestas definições de qualidade, o estudo de Garvin (1992) conclui que as empresas podem adotar mais de uma orientação dos conceitos listados acima, por meio do alinhamento entre os departamentos de marketing, engenharia e produção, de forma a obterem a qualidade de uma forma mais abrangente.

## 2.2 Eras da qualidade

A disciplina qualidade passou por contínuas evoluções nos ambientes industriais, sendo classificada nos Estados Unidos em 4 principais eras da qualidade: inspeção, controle estatístico da qualidade, garantia da qualidade e gestão estratégica da qualidade. A evolução destes conceitos é retratada a seguir de acordo com Garvin (1992).

Nos séculos XVIII e XIX, a confecção dos produtos era realizada por artesãos e pessoas experientes, de forma manual e em pequenas quantidades, de modo que o controle da qualidade se limitava a inspeção, feita de maneira informal. A inspeção formal só surgiu com o advento da produção em massa, em que as peças eram produzidas em grande quantidade, e necessitavam de intercambialidade para poderem ser trocadas. No início do século XIX, a principal conquista alcançada no âmbito da qualidade foi a implementação de um sistema de gabaritos e acessórios que auxiliasse na intercambialidade das peças.

Com o advento da Segunda Guerra Mundial, a demanda por armamentos produzidos em larga escala aumentou substancialmente. Na tentativa de solucionar problemas, o controle de processo e a prática da amostragem foram elementos preponderantes para o crescimento do controle estatístico da qualidade. O controle de processo está relacionado com a necessidade de distinguir variações aceitáveis nas especificações do produto daquelas não aceitáveis. Para isso, W.A Shewhart desenvolveu procedimentos estatísticos e gráficos para determinar os limites aceitáveis nas variações do produto. Já a amostragem se refere ao conceito de nível médio da qualidade produzida, que indica o máximo percentual aceitável de peças com defeito na inspeção de produtos de lotes aleatórios da produção e na separação dos produtos bons dos itens fora de especificação em lotes já rejeitados.

A era da garantia da qualidade foi marcada pela mudança de comportamento antes focada exclusivamente na produção fabril, para um modelo mais abrangente do gerenciamento, devido a necessidade de atender as especificações exigidas pelos ramos militares, eletrônicos e espaciais. Apesar do foco principal continuar sendo a prevenção de problemas, os recursos utilizados foram além da utilização da estatística, levando-se em conta os custos da qualidade, o controle total da qualidade, engenharia de confiabilidade e o zero defeito.

Na era atual da gestão estratégica da qualidade, esta disciplina é definida de acordo com a necessidade e grau de satisfação dos clientes, sendo vista como um instrumento de concorrência para se obter sucesso nas organizações. Dessa maneira, de acordo com Carpinetti (2016), este conceito contempla tanto a adequação ao uso, quanto à conformidade com as especificações do produto. Portanto, devido às diversas culturas organizacionais existentes em diferentes empresas, a qualidade não é uma função padrão entendida apenas por especialistas, mas integra diversas áreas da empresa e passa a ser acompanhada por altos cargos gerenciais. Assim, a qualidade pode atuar como um instrumento capaz de fidelizar o cliente, e consequentemente gerar maior lucratividade nos negócios da empresa.

A tabela 1 a seguir correlaciona as quatro principais eras da qualidade de maneira resumida (inspeção, controle estatístico da qualidade, garantia da qualidade e gerenciamento estratégico da qualidade) de acordo com as seguintes características: Preocupação básica, visão da qualidade, ênfase, métodos, função dos profissionais da área, cargos responsáveis e o modo de controle do sistema.

Tabela 1: As quatro principais eras da qualidade segundo Garvin (1992)

| Eras da qualidade                    | Inspeção                                      | Controle estatístico de qualidade                        | Garantia da qualidade  | Gerenciamento estratégico da qualidade   |
|--------------------------------------|---|--|--|--|
| Preocupação básica                   | Verificação                                   | Controle   | Coordenação  | Impacto estratégico  |
| Visão da qualidade                   | Um problema a ser resolvido                   | Um problema a ser resolvido                              | Um problema a ser resolvido, mas que seja enfrentado proativamente | Uma oportunidade de concorrência   |
| Ênfase                               | Uniformidade do produto                       | Uniformidade do produto com menos inspeção               | Toda a cadeia de produção, desde o projeto até o mercado           | As necessidades de mercado e do consumidor   |
| Métodos                              | Instrumento de medição                        | Instrumentos e técnicas estatísticas                     | Programas e sistemas   | Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e a mobilização da organização  |
| Papel dos profissionais da qualidade | Inspeção, classificação, contagem e avaliação | Solução de problemas e aplicação de métodos estatísticos | Mensuração e planejamento da qualidade e projeto de programas      | Estabelecimento de objetivos, educação e treinamento, trabalho consultivo com outros departamentos e delineamento de programas |
| Quem é o responsável pela qualidade  | Departamento de inspeção                      | Departamentos de produção e engenharia                   | Todos os departamentos   | Todos na empresa, com a alta gerência exercendo forte liderança  |
| Orientação e abordagem               | “Inspeciona” a qualidade                      | “Controla” a qualidade                                   | “Constrói” a qualidade   | “Gerencia” a qualidade   |

Fonte: Garvin (1992)

Dessa forma, percebe-se que a era atual do gerenciamento estratégico da qualidade incorpora alguns elementos das três primeiras eras da qualidade, exibindo a qualidade como um fator diferencial para a obtenção de vantagens competitivas frente a concorrência no âmbito industrial.

## 2.3 Ferramentas da qualidade

Segundo Carpinetti (2016), o processo de melhoria contínua envolve basicamente 5 etapas: identificação de problemas, observação e coleta de dados, busca e análise de possíveis causas raízes, planejamento e execução das ações, e por fim a verificação dos resultados. Nas etapas iniciais da metodologia 8D são aplicadas diversas ferramentas da qualidade que auxiliam na compreensão e descrição do problema (ferramenta 5W2H), e ferramentas que facilitam a identificação da causa raiz do desvio (*Brainstorming*, 5 Porquês, Diagrama de Ishikawa e ferramentas estatísticas, como o Gráfico de Pareto). Para fins práticos, este trabalho abordará apenas as principais ferramentas utilizadas na metodologia 8D.

### 2.3.1 Principais ferramentas da qualidade utilizadas na metodologia 8D

#### 2.3.1.1 *Brainstorming*

De acordo com Meireles (2001), o *brainstorming* é uma ferramenta da qualidade que pode ser utilizada para identificar problemas por meio de questionamento de causas, e tem como objetivo gerar a maior quantidade de ideias possíveis acerca de um tema. Seu nome deriva de 2 palavras do inglês: “*brain*”, que significa cérebro em português, e “*storm*”, traduzido como tempestade, resumindo a expressão como “Tempestade Cerebral”.

Existem 6 etapas básicas na construção de um *brainstorming*, segundo Meireles (2001), sendo elas:

- 1) **Construção da equipe:** consiste em definir os membros da equipe para a resolução do problema. É importante que um dos integrantes do grupo seja responsável por anotar as ideias de cada membro do time.
- 2) **Definir foco e enfoque:** nesta etapa, é definido o assunto a ser tratado (foco), e posteriormente é definido o cenário a ser tratado (enfoque).
- 3) **Geração de ideias:** os participantes deverão apresentar suas ideias sem nenhuma censura ou crítica dos membros do grupo. Nesta etapa, a quantidade de ideias geradas é mais importante do que a qualidade delas. Assim, conforme os integrantes do grupo emitem suas ideias, o facilitador as registra, e periodicamente faz a leitura das ideias até então

anotadas para posterior discussão. Geralmente o tempo dedicado a esta fase é de 10 a 20 minutos.

- 4) **Crítica:** nesta etapa, as ideias até então anotadas pelo facilitador são lidas uma a uma, e em conjunto os integrantes decidem se a ideia está voltada para o foco do problema. Em caso negativo, a ideia é eliminada. Desta maneira, o foco se torna a qualidade das ideias.
- 5) **Agrupamento:** as ideias remanescentes da etapa anterior são agrupadas por semelhança de conteúdo nesta fase, com o intuito de substituir as respostas duplicadas.
- 6) **Conclusão:** por fim, esta etapa consiste em selecionar as ideias que estão relacionadas com o assunto exposto no foco.

### 2.3.1.2 Ferramenta 5W2H

De acordo com Oliveira (2020), a ferramenta 5W2H pode ser utilizada para o planejamento de ações a serem tomadas sob determinado processo, com foco na melhoria contínua. Além disso, a ferramenta 5W2H pode ser útil para compreender um problema de forma mais profunda e organizada, permitindo que sejam tomadas medidas mais efetivas para solucioná-lo (PERKIN; BARSALOU, 2022).

Para ambas as alternativas, a estrutura da ferramenta se baseia nas sete questões-chave (cujas iniciais na língua inglesa dão origem ao nome da ferramenta) listadas na primeira coluna da tabela 2.

Tabela 2: As sete perguntas utilizadas no 5W2H

| <b>Perguntas 5W2H</b>              | <b>Compreensão do problema</b>   | <b>Plano de ação</b>    |
|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| O que? ( <i>What?</i> )            | O que aconteceu?                 | O que deve ser feito?   |
| Quando? ( <i>When?</i> )           | Quando o problema foi observado? | Quando deve ser feito?  |
| Onde? ( <i>Where?</i> )            | Onde foi observado?              | Onde deve ser feito?    |
| Por quê? ( <i>Why?</i> )           | Por que é um problema?           | Por que deve ser feito? |
| Quem? ( <i>Who?</i> )              | Quem observou o problema?        | Quem vai fazer?         |
| Como? ( <i>How?</i> )              | Como o problema foi observado?   | Como vai ser feito?     |
| Quanto custa? ( <i>How much?</i> ) | Quanto custou?                   | Quanto custa fazer?     |

Fonte: Elaborado pela autora

Conforme a tabela 2 acima, as sete perguntas do 5W2H são direcionadas conforme o objetivo da utilização da ferramenta, sendo ele a compreensão de um determinado problema, ou um plano de ação referente ao planejamento de um processo.

Com base nas respostas às perguntas da tabela 2, é possível ter uma compreensão mais profunda do problema e estabelecer um plano de ação para resolvê-lo. É importante lembrar que a ferramenta 5W2H não fornece soluções imediatas, mas sim ajuda a organizar as informações e a orientar a reflexão sobre as melhores formas de abordar o problema, favorecendo uma tomada de decisão mais eficaz pelos profissionais envolvidos.

### 2.3.1.3 Modelo É/ Não é

De acordo com Perkin e Barsalou (2022), o conceito da análise é/não é foi abordado por Kepner e Tregoe em seu livro *Executive Problem Analysis and Decision Making*, e tem como objetivo evitar que a investigação do problema seja feita sob a ótica de potenciais causas incorretas.

A ferramenta consiste em listar a diferença entre o que foi afetado e o que não foi afetado durante a descrição do problema. O objetivo desta análise é auxiliar a identificação da causa raiz de um problema, de modo a eliminar as inferências que não estão atreladas ao problema, restringindo a abrangência da investigação. Além disso, o modelo é/não é ajuda a exibir fatos

relevantes relativos a um problema, além de esclarecer quais informações adicionais são necessárias na investigação.

A tabela 3 a seguir faz referência ao modelo *é/não é* aplicado no estudo de Paniago *et al.* (2023) para identificar a causa do problema de um cenário hipotético com base no *recall* realizado pela empresa automotiva Toyota em 2019, de quase 380 mil veículos vendidos no Brasil pela montadora:

Tabela 3: Exemplo da utilização da matriz *é/não é* para entendimento de um problema

|          | É  | NÃO É  |
|----------|--|--|
| Qual?    | Qual é o problema?<br><b>Excesso de pressão no acionamento do Airbag do veículo</b>      | Qual poderia ser o problema, mas não é?<br><b>Falta de pressão no acionamento</b>            |
| Onde?    | Onde o problema foi observado?<br><b>No deflagrador do airbag</b>                        | Onde o problema poderia ter sido observado, mas não foi?<br><b>Filtro ou bolsa do airbag</b> |
| Por que? | Por que isso é um problema?<br><b>O excesso de pressão causa explosão com fragmentos</b> | NA   |

Fonte: Adaptado de Paniago *et al.* (2023)

Assim, esta análise permite eliminar a investigação dos objetos que não apresentam defeito, bem como restringe o local em que o objeto defeituoso foi encontrado. Deste modo, a utilização do modelo *é/não é* juntamente com a ferramenta 5W2H pode auxiliar no melhor entendimento do problema, conduzindo os integrantes envolvidos a uma análise mais assertiva.

#### 2.3.1.4 Diagrama de causa e efeito

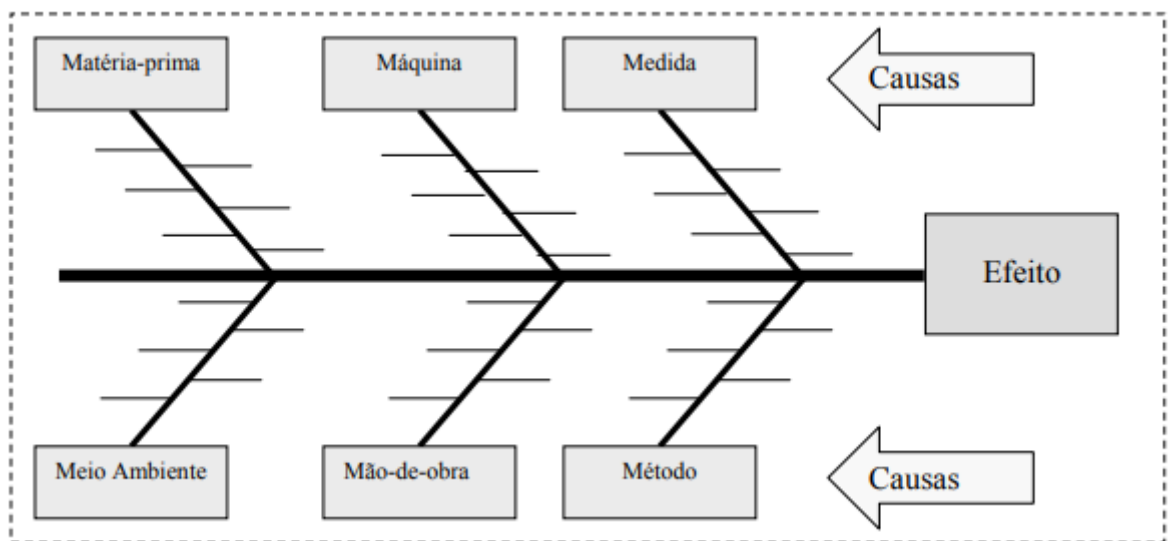
Esta ferramenta da qualidade tem como principal objetivo identificar a causa fundamental do problema de maneira organizada, relacionando o efeito indesejável com as possíveis causas raízes atreladas a ele, para posterior definição das medidas corretivas.

Segundo Carpinetti (2016), o diagrama de causa e efeito é também conhecido como diagrama de Ishikawa, em homenagem ao professor Kaoru Ishikawa, que preparou o diagrama de causa e efeito para exemplificar aos engenheiros a inter-relação de alguns fatores em um determinado processo. Outra denominação utilizada para se referir à esta ferramenta é o diagrama espinha de peixe, pelo fato de sua estrutura se assemelhar ao esqueleto de um peixe.

[Digite aqui]

A estrutura básica do diagrama de causa e efeito promove uma melhor visualização das causas principais e secundárias que geram o efeito indesejado. Geralmente as causas principais são classificadas nas seguintes categorias: matéria prima, máquina, medida, meio ambiente, mão de obra e método, porém, segundo Carpinetti (2016), dependendo do processo analisado, pode-se considerar outras causas básicas. Assim, ainda segundo Carpinetti (2016), para cada causa identificada, deve-se detalhar o porquê a causa principal ocorre (causas secundárias). A figura 1 exemplifica a montagem do diagrama de Ishikawa.

Figura 1: Estrutura básica do diagrama de Ishikawa



Fonte: Danielewicz (2006)

De acordo com Carpinetti (2016), a elaboração deste diagrama deve ser feita pelos colaboradores envolvidos no problema para que não haja o risco de omissão de causas relevantes. Uma vez que o efeito indesejável foi definido pela equipe, as possíveis causas raízes são listadas e ordenadas de acordo com a classificação da figura 2, levando-se em consideração qual a variabilidade indesejada que acarreta o problema considerado.

Na figura 2 abaixo, Danielewicz (2006) exemplifica algumas possíveis causas secundárias relacionadas com as causas básicas do diagrama de causa e efeito:

Figura 2: Exemplos de causas secundários do diagrama de Ishikawa

| Matérias-primas   | Máquinas   | Medidas  |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• fornecedor;</li> <li>• especificação técnica;</li> <li>• qualidade;</li> <li>• armazenagem;</li> <li>• movimentação;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• manutenção;</li> <li>• assistência técnica;</li> <li>• precisão;</li> <li>• velocidade;</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• sistema de medição;</li> <li>• equipamentos;</li> <li>• calibração.</li> </ul>  |
| Meio ambiente   | Mão-de-obra  | Método   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• organização e limpeza;</li> <li>• iluminação</li> <li>• ergonomia;</li> <li>• insalubridade / periculosidade;</li> <li>• temperatura / unidade;</li> <li>• ventilação;</li> <li>• ruídos;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• aspectos motivacionais;</li> <li>• delegação;</li> <li>• polivalência;</li> <li>• treinamento;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• localização;</li> <li>• layout;</li> <li>• tempos e movimentos;</li> <li>• análise de processos;</li> <li>• informações.</li> </ul> |

Fonte: Danielewicz (2006)

### 2.3.1.5 Ferramenta dos 5 porquês

A técnica dos 5 porquês foi criada no Japão pela Toyota Motors Company , e tem como objetivo encontrar a origem de um problema por meio de cinco indagações seguidas do porquê a falha ocorreu (OHNO, 1997).

A partir da definição do problema, questiona-se o porquê ele ocorreu. Após listados os motivos de ocorrência do desvio, é feito novamente a pergunta do porquê as causas listadas aconteceram, e assim sucessivamente, até que não haja mais respostas à pergunta “por quê?” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Geralmente é possível encontrar a causa raiz do problema no quinto “porquê”, no entanto a pergunta é realizada quantas vezes forem necessárias.

Dessa forma, a ferramenta em questão pode ser aplicada a qualquer tipo de problema ou defeito, seja em processos de manufatura, serviços, saúde ou outros setores. É uma ferramenta simples, mas eficaz, que ajuda a identificar as causas raízes de um problema e orienta as equipes na direção certa para resolvê-lo.

[Digite aqui]

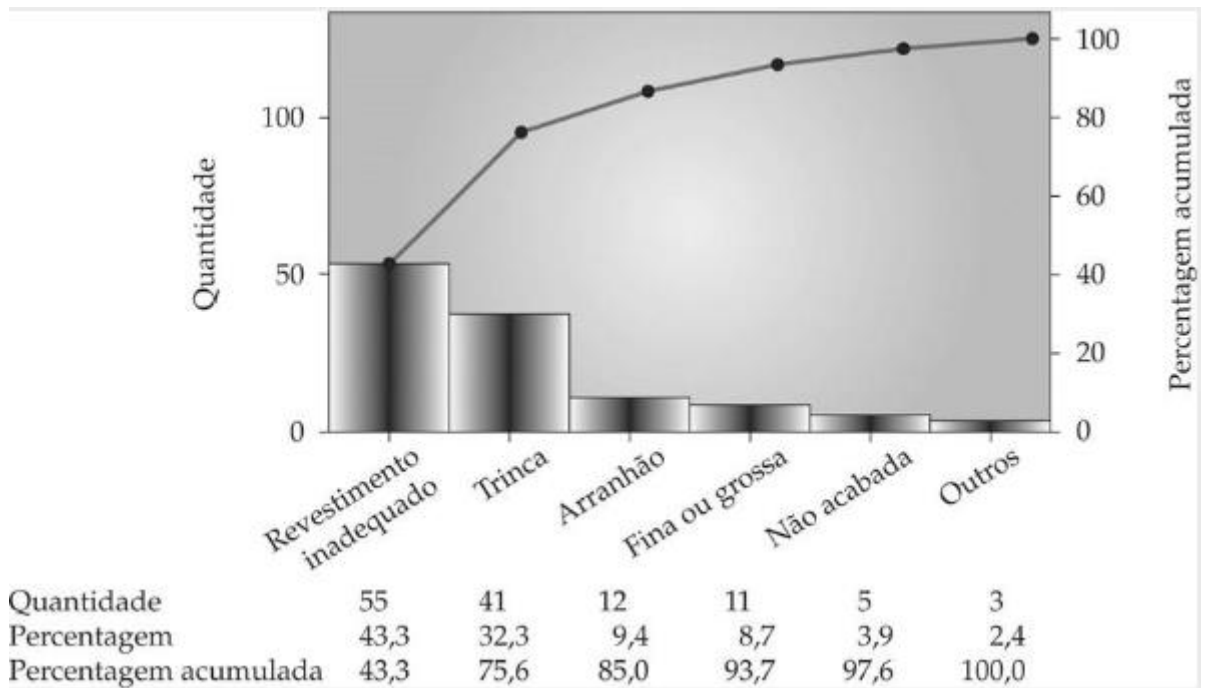
### 2.3.1.6 Princípio de Pareto

De acordo com Werkema (2014), o Princípio de Pareto define que os problemas relacionados a qualidade (tais como percentual de produtos com defeito, modos de falhas de equipamentos ou número de reclamação de clientes) podem ser classificados como “poucos vitais” ou “muitos triviais”. Os problemas poucos vitais são aqueles presentes em poucas quantidades, mas que geram perdas muito significativas para a empresa, ao passo que os problemas muitos triviais são aqueles em grandes quantidades, mas que não representam perdas muitos grandes para a organização.

Dessa forma, a ideia central do Princípio de Pareto é que a maior parte dos resultados é gerada por uma minoria das causas (WERKEMA, 2014). Por exemplo, 80% dos problemas em um sistema de software podem ser causados por 20% dos erros de programação. Ao identificar os 20% das causas que geram 80% dos problemas, é possível concentrar os esforços nesses aspectos mais importantes para maximizar a eficiência e a produtividade. Isso significa que é possível obter grandes melhorias ao focar nas poucas áreas-chave que realmente importam, em vez de tentar abordar todos os elementos de forma igual.

Para que as informações se tornem evidentes e visualmente fáceis de identificar, utiliza-se o Gráfico de Pareto, que é um gráfico contendo a frequência das causas dos problemas em barras verticais (WERKEMA, 2014). Dessa maneira, a priorização das ações de melhoria é feita baseando-se nos dados apresentados, facilitando a tomada de decisão. A seguir, é apresentado na figura 3 um exemplo de um gráfico de Pareto, onde o eixo x representa os tipos de defeitos encontrados em amostras de lentes fabricadas por uma indústria, e o no eixo y estão representadas as quantidades de cada defeito.

Figura 3: Exemplo de um Gráfico de Pareto para tipos de defeitos de lentes



Fonte: Werkema (2014)

Dessa forma, a partir do gráfico pode-se concluir que os defeitos mais frequentes são “revestimento inadequado” e “trinca”, representando 75,6% dos defeitos encontrados nas lentes. Assim, estes dois defeitos são considerados os poucos defeitos vitais, que devem ser eliminados em primeiro lugar pela empresa, ao passo que os demais defeitos representam os muitos defeitos triviais (WERKEMA, 2014).

#### 2.4 Conceito da Metodologia das 8 Disciplinas (8D)

De acordo com Behrens, Wilde e Hoffmann (2007), a metodologia das 8 Disciplinas, também conhecida como metodologia 8D, teve sua origem em 1974 em um documento emitido pelo exército dos Estados Unidos durante a segunda guerra mundial. Este documento, denominado *Corrective Action and Disposition System for Nonconforming Material* (Ações Corretivas e Sistemas de Descarte para Materiais não Conformes) descrevia o padrão de qualidade de ações corretivas para manuseio e descarte de materiais não conformes utilizados pelo exército (GOMES; GENARO, 2014).

Fundamentando-se nestas diretrizes, na década de 1980 a Ford Motor Company reformulou esta metodologia de resolução de problemas e desenvolveu o TOPS (*Team Oriented Problem Solving*, ou em português Solução de Problema Orientado à Equipe), com o intuito de melhorar

[Digite aqui]

o sistema de resolução de problemas. De acordo com Kaplík (2013), a denominação 8D foi popularizada pelo fato deste método ser dividido em 8 disciplinas, no entanto ele também é conhecido como Global 8D, ou então TOPS 8D (*Team Oriented Problem Solving – Eight Discipline Process*, em português Solução de Problema Orientado à Equipe – Processo das 8 Disciplinas). Apesar desta técnica ter inicialmente se difundido na indústria automobilística, sua utilização engloba praticamente todos os setores industriais, tendo uma razoável reputação entre as empresas de manufatura (CAMPAGNARO *et al.*, 2008).

A metodologia 8D é uma técnica de gerenciamento utilizada para resolução de problemas, que envolve oito etapas a serem seguidas. O objetivo desta abordagem consiste em identificar a causa raiz do desvio apontado para posterior implementação de soluções permanentes que eliminem a origem do problema (KUMAR; ADAVEESH, 2017). De acordo com Larsson e Norén (2011), esta proposta de solução de problemas é uma abordagem multidisciplinar com ênfase no trabalho em equipe. Segundo Paris (2003), este método é utilizado quando a causa do problema é desconhecida, atrelado com a necessidade de uma equipe envolvida devido à complexidade do problema, sendo inviável a resolução por apenas uma pessoa.

De acordo com Kaplík (2013), as principais vantagens competitivas ao utilizar este método consistem na identificação da origem do problema, implementação da solução de forma mais rápida, garantia da satisfação do cliente de forma duradoura, prevenção da recorrência de problemas e aprendizado da organização por meio das informações compartilhadas.

#### **2.4.1 As 8 Disciplinas - Etapas da metodologia 8D**

A implementação da abordagem 8D consiste em 8 etapas a serem aplicadas, sendo necessário primeiro definir e criar uma equipe, em seguida descrever o problema a ser atacado, criar um plano de contenção do problema, identificar a causa raiz, validar as ações corretivas, implementar as ações corretivas, prevenir a recorrência do problema e por fim parabenizar a equipe pelo trabalho desempenhado. Cada uma das disciplinas será abordada com mais detalhe nesta seção.

## **Disciplina 1 - Criação da equipe**

Segundo Larsson e Norén (2011), a metodologia se inicia reunindo uma equipe multifuncional, integrando pessoas de diferentes áreas com conhecimento do processo e do produto. De acordo com Behrens, Wilde e Hoffmann (2007), a equipe deve ser constituída por um responsável pelo processo, um membro de qualidade e os responsáveis pela contenção, análise, correção e prevenção do problema. Além disso, o próprio time em consenso define um líder para conduzir a metodologia, e atribui-se responsabilidades a cada membro da equipe (PARIS, 2003).

Nesta etapa, um fator fundamental é a definição da meta que a equipe almeja alcançar ao final da metodologia, de acordo com Rambaud<sup>1</sup> (2006 *apud* GOMES; GENARO, 2014).

## **Disciplina 2 - Descrição do problema**

Nesta etapa do processo, é fundamental obter uma compreensão completa e detalhada das não conformidades. Para alcançar esse objetivo, é essencial coletar o maior número de informações possíveis diretamente do cliente.

Uma ferramenta muito útil nesse processo é o 5W2H, que consiste em fazer uma série de perguntas para compreender completamente o cenário e estabelecer conexões entre as informações obtidas (KUMAR; ADAVEESH, 2017). Dessa forma, o problema pode ser definido de acordo com qual produto é afetado, o porquê entende-se a situação como um problema, quando e onde o problema foi detectado, a forma como ele foi encontrado e a quantidade de produtos com defeito. É fundamental destacar que, nessa fase, a técnica 5W2H não é empregada com o propósito de planejar e organizar uma ação, mas sim como uma ferramenta investigativa para explorar e compreender plenamente a amplitude do problema em questão.

## **Disciplina 3 - Contenção do problema**

Com o intuito de prevenir que o problema se torne mais crítico, é importante aplicar soluções provisórias para conter o problema, até que as ações permanentes sejam implementadas. Segundo Larsson e Norén (2011), a ação de contenção é aquela que tem por

---

<sup>1</sup> RAMBAUD, L. 8D structured problem solving: a guide to creating high quality 8D reports (spiral-bound). PHRED Solutions, 2006.

objetivo mitigar os efeitos do problema a curto prazo, enquanto a solução permanente é estudada. De acordo com Krajnc (2012), a ação de contenção envolve checar os estoques do cliente e do fornecedor, verificar as peças transportadas ao cliente, bloquear a produção de peças defeituosas, e por fim definir medidas para corrigir o problema do cliente.

Dependendo do caso, a ação de contenção pode ser apenas informar o cliente, ou então em casos mais críticos, pode ser necessário fazer um *recall* e retirar os produtos do mercado (LARSSON; NORÉN, 2011).

#### **Disciplina 4 - Identificação da causa raiz**

Esta disciplina representa a principal fase da metodologia 8D, onde todas as potenciais causas raízes identificadas são registradas para investigação. Para isso, ferramentas como *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês podem ser utilizadas para uma melhor compreensão das causas que originaram o problema (ATIGRE; SHAH; PATIL, 2017). Segundo Krajnc (2012), para garantir uma abordagem sistemática apropriada da metodologia, deve-se utilizar ao menos uma destas ferramentas.

Após identificar todas as possíveis causas que podem explicar o porquê o problema ocorreu, elas são organizadas em termos de prioridade para investigações posteriormente mais detalhadas (LARSSON; NORÉN, 2011). É importante ressaltar que o objetivo desta etapa não consiste em encontrar uma solução para o problema, e sim identificar o que causa o desvio.

#### **Disciplina 5 - Validação das ações corretivas**

Segundo Larsson e Norén (2011), neste estágio as causas raízes com maior potencial de ocorrência são investigadas e as soluções são estudadas para cada uma das causas. Dessa forma, as ações corretivas são avaliadas para garantir que a solução pensada será suficiente para resolver o problema de forma permanente, e que não originará um problema secundário. O fato de haver diversas soluções possíveis é algo positivo, visto que algumas delas podem não funcionar ou causar outros problemas.

## **Disciplina 6 - Implementação das ações corretivas**

O objetivo desta etapa consiste em implementar as ações corretivas que foram planejadas no passo anterior (5D). Dessa forma, a equipe deve definir o plano de estratégia e os respectivos responsáveis pela execução das tarefas, com uma data de conclusão definida (LARSSON; NORÉN, 2011). Além disso, é importante registrar a eficácia das ações corretivas, a fim de compreender se a causa raiz foi eliminada (ATIGRE; SHAH; PATIL, 2017).

Para verificar se o objetivo foi alcançado, os resultados da ação corretiva implementada são medidos por meio de ferramentas estatísticas, como o Diagrama de Pareto, por exemplo (KRAJNC, 2012). No caso em que os dados apontarem que a ação corretiva não foi suficiente para resolver o problema, novas medidas de ação preventiva devem ser consideradas.

## **Disciplina 7 - Prevenção da recorrência**

De acordo com Atigre, Shah e Patil (2017), esta etapa envolve o registro das ações necessárias para evitar a recorrência do problema ou defeitos semelhantes no futuro. Além disso, em caso de resultado positivo perante a implementação das ações corretivas, as ações preventivas devem ser documentadas e direcionadas a um responsável, com uma data limite definida para execução da tarefa.

## **Disciplina 8 - Parabenização da equipe**

Uma vez que o problema foi resolvido com sucesso, é importante que a gerência reconheça os esforços dos integrantes da equipe pelo bom trabalho realizado (ATIGRE; SHAH; PATIL, 2017).

## 2.5 Histórico da borracha

A borracha natural foi observada por Cristóvam Colombo em sua segunda viagem até a América (1493 -1496), e até então era desconhecida pelo velho mundo. No entanto, a matéria prima da borracha natural extraída da seringueira já era utilizada pelo antigo povo maia na confecção de bolas para a prática de jogos (KOHJIYA; IKEDA, 2021).

Em 1735 o cientista e explorador francês Charles Marie de La Condamine contribuiu para a utilização mundial da borracha, descrevendo o processo de coleta e preparação dos objetos constituídos por borrachas pelos nativos da América do Sul (SOUZA, 2009). Entretanto, quando os produtos constituídos de borrachas eram expostos à altas temperaturas, eles tornavam-se moles e pegajosos, e quando expostos à baixas temperaturas, tornavam-se duros e rígidos.

Em 1840, com o intuito otimizar as propriedades da borracha, Charles Goodyear descobriu que após a adição do elemento enxofre à borracha durante seu processo de fabricação sob aquecimento, era possível obter um material com melhores propriedades químicas e físicas, resistente tanto à baixas temperaturas, quanto a temperaturas elevadas. De acordo com Shrev<sup>2</sup> (1977 *apud* DA COSTA *et al.*, 2003), este processo ficou conhecido como vulcanização, e foi patenteado por Goodyear em 1840 nos Estados Unidos, e por Thomas Hancock na Inglaterra. Segundo Furtado *et al.* (2001), ao adicionar enxofre à borracha, forma-se uma rede de ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas, em que a borracha passa do estado plástico ao estado predominantemente elástico, de forma que quando o material é submetido a uma determinada tensão, ocorra o aumento das forças retrativas, e conseqüentemente a diminuição da deformação permanente. Além do enxofre, outras substâncias químicas podem promover a formação de ligações cruzadas em borrachas, processo este conhecido como cura.

## 2.6 Processo de vulcanização

Vulcanização é um processo químico em que as cadeias moleculares do elastômero são unidas por meio de ligações químicas cruzadas, formando reticulados que dão origem a uma rede tridimensional (CANEVAROLO JR, 2022). De acordo com Walker e Rader <sup>3</sup>(1988 *apud*

---

<sup>2</sup> Shreve, R. N. & Brink Jr., J. A. – “Indústrias da borracha”, in: Indústria de Processos Químicos, cap.36, Horácio Macedo, Editora Guanabara (1977)

<sup>3</sup> Walker B. M.; Rader C. P. Handbook of Thermoplastic Elastomers. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.

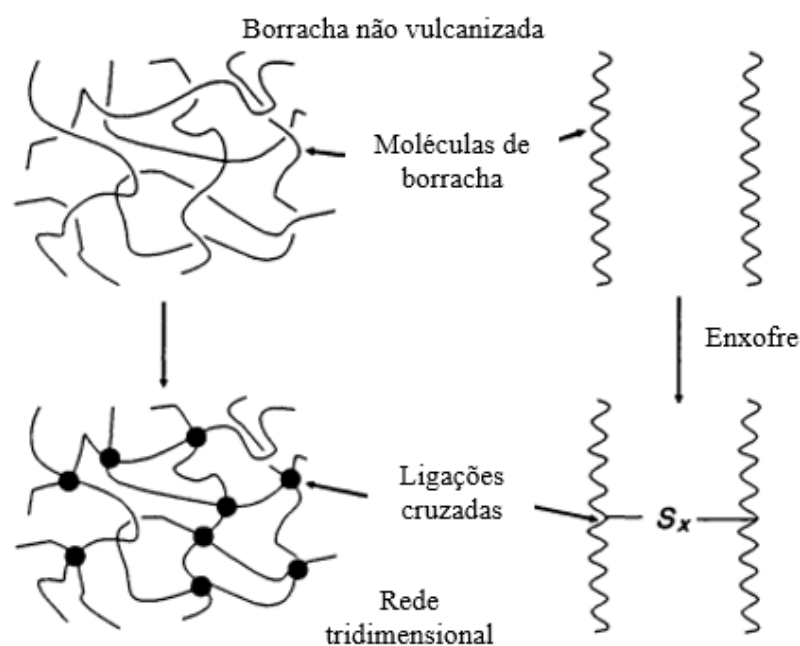
PASSADOR, 2008), para que seja possível formar as ligações cruzadas entre as moléculas, é necessário a adição de calor e de um agente de cura em um intervalo de temperatura entre 130 °C e 180 °C durante um determinado período.

Dessa forma, por meio da vulcanização o elastômero adquire uma maior resistência mecânica, através do aumento do módulo de elasticidade, dureza, resistência à fadiga e abrasão. Além de melhorar as propriedades mecânicas da borracha, a vulcanização também ajuda a torná-la mais resistente a agentes químicos e a variações de temperatura, ampliando ainda mais sua gama de aplicações (RODOLFO; NUNES; ORMANJI, 2006).

### 2.6.1 Processo de vulcanização da NBR com enxofre

Para que ocorra a vulcanização nos elastômeros, é necessário a utilização de aditivos com funções específicas, denominados agentes de vulcanização ou de cura, que são responsáveis por promover as ligações cruzadas entre as cadeias. O enxofre (S) é o principal agente de vulcanização utilizado na maioria das borrachas que possuem dupla ligação em sua estrutura molecular, pois a presença da ligação dupla favorece a formação de ligações cruzadas entre o elastômero e o enxofre (PASSADOR, 2008). A figura 4 representa um modelo esquemático do processo de vulcanização utilizando o enxofre.

Figura 4: Processo de vulcanização da borracha utilizando enxofre



Fonte: Adaptado de Coran (1994)

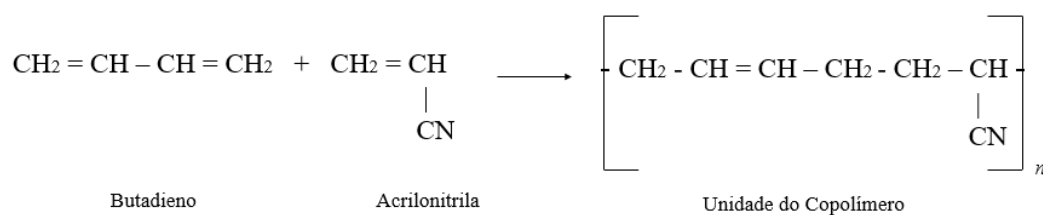
De acordo com Morton (1981), além do enxofre, normalmente são utilizados aceleradores e ativadores. Os aceleradores são responsáveis por aumentar a velocidade de reação entre o elastômero e o enxofre, reduzindo o tempo de vulcanização, ao passo que os ativadores aumentam a ação dos aceleradores, otimizando a eficiência da reação de vulcanização.

## 2.7 Borracha NBR

A Borracha Nitrílica (NBR) é um elastômero sintético, e pode ser definida como sendo um copolímero aleatório formado por unidades de repetição de acrilonitrila e butadieno, sendo ideal para aplicações em ambientes que requerem uma boa resistência a óleos, combustíveis e solventes apolares, devido a presença do grupamento nitrila em sua estrutura, que é fortemente polar (MORTON, 2013). O teor de acrilonitrila é responsável pela polaridade da borracha NBR, podendo variar de 15% a 50% de conteúdo, de acordo com Morton (2013). Dessa forma, o aumento do teor de acrilonitrila conduz a um aumento da resistência à óleos apolares, porém reduz a flexibilidade a baixa temperatura (LEE; WHELAN, 2012), ao passo que a fração de butadieno confere ao polímero características elásticas (MEYER et al., 2006).

A figura 5 representa um esquema simplificado que mostra a produção do copolímero em questão.

Figura 5: Esquema simplificado de obtenção do copolímero



Fonte: Adaptado de Morton (2013)

Segundo Alves (2005), o método de fabricação da borracha nitrílica consiste na polimerização em emulsão, onde são adicionados em um recipiente sob pressão elementos como água, emulsificante, ativadores, catalizadores e os monômeros acrilonitrila e butadieno. Na primeira etapa, ocorre a emulsão dos monômeros em água, e posteriormente um catalizador gerador de radicais livres é adicionado enquanto a mistura é agitada a uma temperatura

constante. Após atingir o grau de polimerização desejado, são adicionados estabilizantes e os monômeros residuais são removidos. Por fim, há a formação de um látex que é coagulado e desidratado para formar flocos de borracha. Estes flocos são secos e compactados para formar fardos (MORTON, 2013).

De acordo com Passador (2008), a copolimerização em emulsão pode ser realizada a quente (50 °C) ou a frio (5 °C). As borrachas obtidas por emulsão a quente são mais flexíveis e possuem melhores propriedades de adesão e deformação permanente por adesão, ao passo que as borrachas polimerizadas a frio possuem melhores características físicas e são mais facilmente processáveis, de acordo com Bhowmick e Stephens <sup>4</sup>(1998 *apud* PASSADOR, 2008).

### 2.7.1 Propriedades da borracha nitrílica

Segundo Passador (2008), as propriedades da borracha nitrílica variam principalmente de acordo com os três fatores a seguir:

- **Teor de acrilonitrila:** Confere a polaridade do elastômero devido à presença do grupo nitrila, conferindo uma boa resistência a óleos apolares, além de elevar a temperatura de transição vítrea (T<sub>g</sub>) da borracha. A figura 6 demonstra a alteração das propriedades da borracha nitrílica de acordo com a variação do teor de acrilonitrila.

Figura 6: Propriedades obtidas na borracha NBR de acordo com o teor de acrilonitrila

| Porcentagem de acrilonitrila   |             |    |       |  |            |
|--|-------------|----|-------|--|------------|
| 20   | 25          | 30 | 35    | 40   | 45         |
| Baixo  | Médio baixo |    | Médio | Alto   | Ultra alto |
| ← Processabilidade<br>Resiliência<br>Flexibilidade em baixa temperatura<br>Resistência à deformação permanente<br>Resistividade elétrica |             |    |       | → Resistência a óleo<br>Tensão de ruptura<br>Dureza<br>Resistência a abrasão<br>Resistência ao calor<br>Impermeabilidade a gás |            |

Fonte: Adaptado de Passador (2008)

<sup>4</sup> Bhowmick, A.K.; Stephens, H. L. Handbook of Elastomers – New developments and Technology. New York: Marcel Dekker, Inc., 1988, 794p.

De acordo com a figura 6 acima, pode-se concluir que quanto maior o teor de acrilonitrila, maior a resistência mecânica da borracha nitrílica e maior a resistência a óleos, porém menor a flexibilidade e elasticidade.

- **Massa molar:** As propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas com a massa molar do elastômero. Assim, quanto maior a massa molar, melhores serão suas características mecânicas. No entanto, uma alta massa molar dificulta o processamento da borracha, visto que a viscosidade aumenta de acordo com o aumento da massa molar.

- **Agente de partição:** Os agentes de partição tais como resina de PVC, carbonato de cálcio ou sílica facilitam o processamento da borracha nitrílica, e auxiliam no aumento da resistência a abrasão.

## 2.8 Blenda PVC/ NBR

De acordo com Canevarolo (2002), o termo “blenda polimérica” se refere a mistura física de dois ou mais polímeros em uma determinada composição, sem a ocorrência de reação química de forma proposital entre os componentes, com o intuito de otimizar as características de aplicação.

Segundo George, Joseph e Francis (1986), em blendas poliméricas PVC/NBR, a borracha nitrílica é responsável por promover a melhoria na resistência ao ozônio, auxilia na resistência química do PVC e melhora a propriedade de envelhecimento, enquanto o PVC por sua vez é responsável por conferir uma melhora nas propriedades de abrasão, rasgamento e tração. Frente a isto, a borracha nitrílica é o principal elastômero utilizado para modificar as propriedades do composto poli (cloreto de vinila) (PVC) (RODOLFO JR; NUNES; ORMANJI, 2006).

Além disso, de acordo com Khalaf *et al.* (2012), as propriedades da blenda serão influenciadas de acordo com a composição de PVC e borracha nitrílica. Assim, caso o elastômero seja a fase principal da blenda, ela apresentará características de um elastômero reforçado. Por outro lado, caso o PVC esteja em maior quantidade, a mistura obtida será um material plástico endurecido.

Em sua publicação, Liu *et al.* (2001) observou que o aumento no teor de acrilonitrila ocasiona uma maior interação molecular entre PVC e NBR, melhorando assim a adesão interfacial entre estes compostos, levando a um aumento significativo na tenacidade da blenda polimérica PVC/NBR.

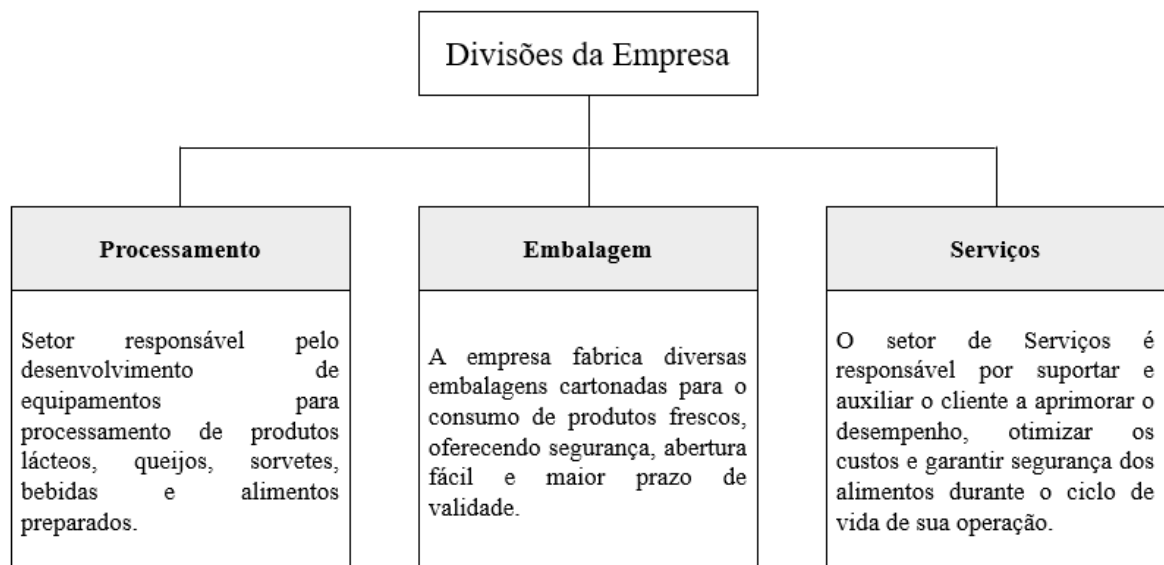
## 3 MÉTODO DE PESQUISA

### 3.1 Caracterização da Empresa

A Empresa em questão é responsável por fabricar equipamentos para envase de alimentos e bebidas, bem como pela produção de embalagem cartonada destes produtos. A organização possui uma estreita parceria com clientes e fornecedores, oferecendo soluções integradas de processamento e envase de produtos lácteos, bebidas, sorvetes, queijo e alimentos vegetais, atendendo às necessidades de centenas de milhões de pessoas em diversos países.

A multinacional em questão possui soluções de ponta a ponta, que contempla 3 principais ramos: desenvolvimento de equipamentos para processamento de alimentos, elaboração de embalagens cartonadas e fornecimento de serviços para garantir o desempenho de seus produtos nas plantas dos clientes. A figura 7 representa um breve resumo das três áreas de soluções oferecidas pela empresa.

Figura 7: Áreas de soluções oferecidas pela Empresa



Fonte: Elaborado pela autora

Dentro da área de Serviços, se encontra a diretoria de Resolução de Problemas de Clientes, cujo principal objetivo é oferecer soluções para os problemas técnicos que ocorrem nos equipamentos localizados nas plantas dos clientes, de forma rápida e eficiente.

A partir do momento em que é evidenciado um problema crítico na planta do cliente, os gerentes da área de Resolução de Problemas são responsáveis por administrar e conduzir a utilização da ferramenta 8D, com o intuito de descobrir a causa raiz do problema em questão, e posteriormente entregar uma solução ao cliente. A metodologia 8D é aplicada juntamente com o time técnico, estando presentes o gerente responsável pelo cliente, o técnico de campo e seu respectivo gerente.

### 3.2 Levantamento e análise dos dados

A coleta de dados foi realizada por meio de observações diretas e análise documental dos processos da empresa. Em um primeiro momento, foi feito um alinhamento com o gerente da área para o acompanhamento do caso a ser estudado e entendimento do problema. Posteriormente, foi possível acompanhar as reuniões semanais agendadas para a observação do desenvolvimento da metodologia 8D pela equipe da empresa. Em paralelo a estas reuniões, o acesso a fotos e documentos institucionais, bem como a visita até a planta teste da empresa, com o objetivo de visualizar a localização da peça que causou a parada de produção na fábrica do cliente, foram permitidos. A tabela 4 a seguir exibe as atividades relacionadas a coleta de dados, bem como o período em que elas foram realizadas.

Tabela 4: Atividade relacionadas a coleta de dados do estudo de caso

| <b>Atividade</b>   | <b>Período</b>  |
|--|-----------------|
| Alinhamento inicial sobre conveniência do caso                               | Janeiro         |
| Participação nas reuniões de aplicação da metodologia 8D e registro de dados | Janeiro a março |
| Visita técnica na planta teste da empresa                                    | Março           |
| Acesso a documentos e registros em arquivo                                   | Março a abril   |
| Finalização da metodologia 8D  | Abril           |
| Finalização dos registros  | Maior           |
| Validação dos registros com o gerente da área                                | Maior           |

Fonte: Elaborado pela autora

### 3.3 Definição do caso a ser estudado

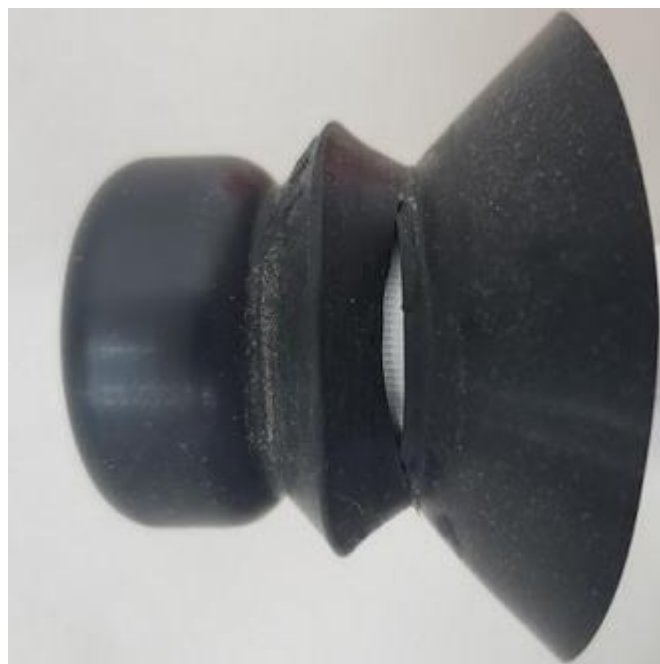
Ao final da linha de produção, após o envase dos alimentos nas embalagens cartonadas (caixas primárias), os produtos são transportados por meio uma esteira rolante, onde são

[Digite aqui]

guiados até uma caixa secundária, que compila diversas unidades de caixas primárias para facilitar o envio até o cliente final. A caixa secundária consiste em uma caixa de papelão inicialmente plana, e que ao final do processo ganha um formato de um prisma retangular. Para adquirir este formato, uma ventosa fabricada em borracha NBR é responsável por movimentar a caixa secundária dentro do equipamento, para que ocorra a modelagem da configuração retangular da caixa secundária. Vale ressaltar que esta peça é produzida por um fornecedor de peças moldadas em NBR, e não pela empresa em questão.

Foi identificado um desgaste prematuro da ventosa, que atua realizando a sucção da caixa secundária ainda em formato plano. Devido a este desvio, houve uma queda de desempenho do equipamento, ocasionando a parada de produção e impactando a demanda de mercado dos clientes. Na figura 8 a seguir pode-se observar uma das ventosas, moldadas em NBR, com o desgaste prematuro.

Figura 8: Ventosa com desgaste prematuro



Fonte: Elaborado pela autora

Assim que o problema foi identificado pelo cliente, ele notificou o engenheiro de campo da empresa. Como a empresa em questão estava recebendo diversas reclamações relacionadas a mesma peça, decidiu-se aplicar a metodologia 8D para identificar a causa raiz do problema, de forma a proporcionar uma solução aos clientes, pois apesar da peça possuir baixo custo, o elevado número de substituições torna o custo final significativo. Além disso, o equipamento

[Digite aqui]

em questão é de classe mundial, estando presente em clientes de diversos países. Dessa forma, encontrar a causa do problema representaria uma solução a nível global, destacando os líderes brasileiros.

### **3.4 Classificação da pesquisa**

O presente estudo trata-se de uma pesquisa de caráter descritivo, pois tem o objetivo de expor a realidade de um determinado contexto sem se preocupar em estabelecer relações causais ou explicar fenômenos (VERGARA, 2006). Dessa forma, ela fornece uma visão geral dos aspectos observados e ajuda a identificar padrões, tendências ou características presentes em um determinado contexto organizacional. Além disso, trata-se de um estudo de caso, que segundo YIN<sup>5</sup> (2001 *apud* MIGUEL; SOUSA 2012), refere-se a um estudo empírico de um fenômeno no contexto de uma determinada empresa.

O foco principal do estudo foi analisar a aplicação da metodologia 8D em uma empresa fabricante de embalagens e equipamentos para o ramo alimentício, e compreender qualitativamente a relação entre a teoria exibida nos livros e artigos científicos, e a metodologia praticada pela empresa. Em segundo plano, objetivou-se analisar comparativamente a borracha nitrílica (NBR) e a blenda de PVC/NBR em termos de propriedades mecânicas.

---

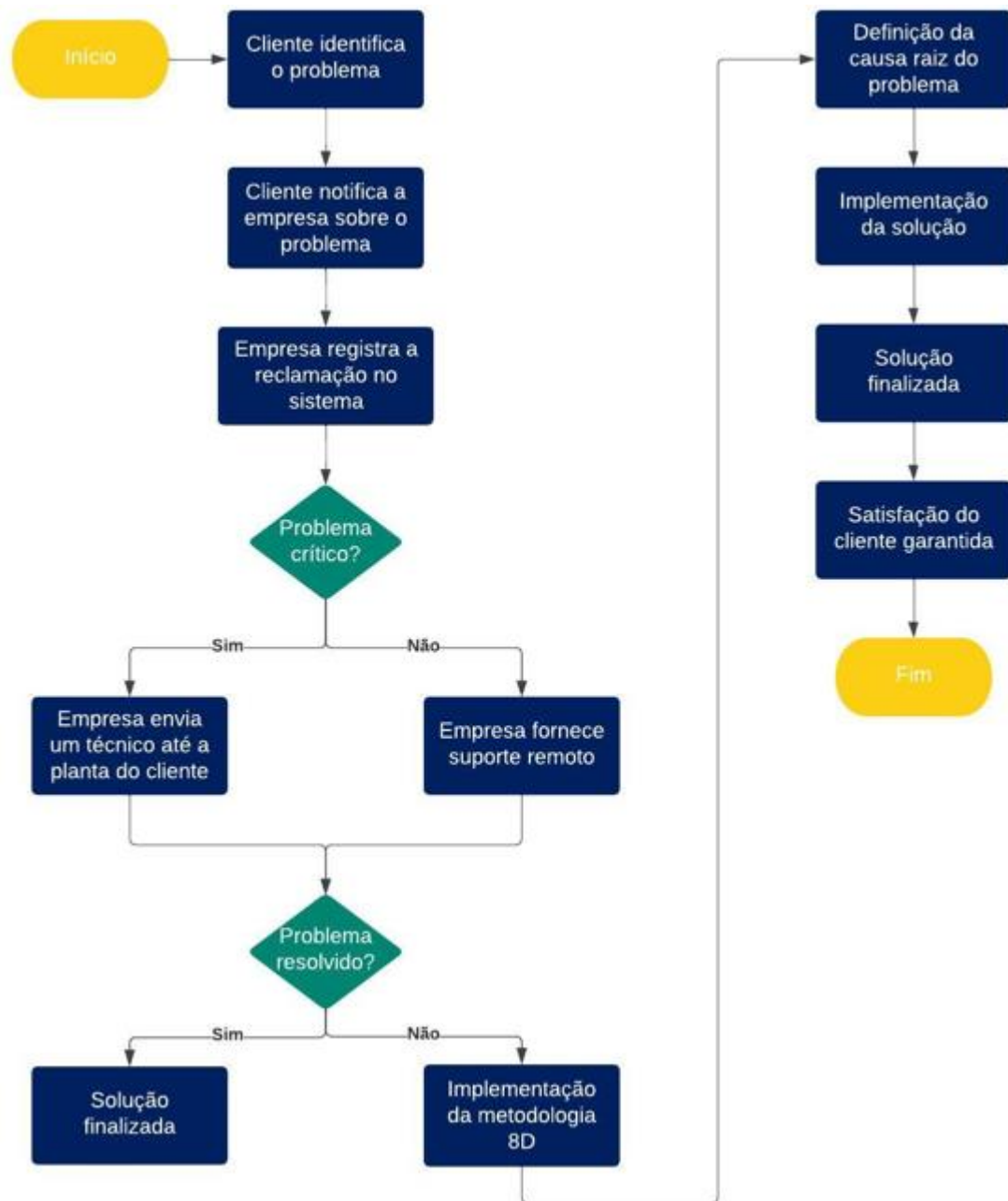
<sup>5</sup> YIN, R. K. Estudo de Caso – Planejamento e Método. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Utilização do Método 8D pela empresa**

A metodologia 8D é utilizada pelo time de Resolução de Problemas da empresa com o principal objetivo de detectar a causa raiz do problema que ocorre nas máquinas ou equipamentos dos clientes, a fim de providenciar uma solução que permita a restauração das condições básicas de operação. Esta metodologia é aplicada quando a área se depara com um problema crítico que não pôde ser solucionado pelo técnico presente na planta do cliente. Um fluxograma descrevendo o processo de tomada de decisão para utilização da ferramenta é exibido na figura 9.

Figura 9: Fluxograma do processo decisório para utilização da metodologia 8D na empresa



Fonte: Elaborado pela autora

O processo se inicia quando o cliente comunica a empresa sobre a ocorrência de um problema gerado em seu equipamento ou embalagem cartonada fornecida pela empresa. Feito isto, o analista responsável irá registrar a reclamação no sistema e avaliar se é um problema crítico para o cliente, capaz de gerar a parada da produção. Em caso negativo, a empresa fornece um suporte técnico de maneira remota, podendo ser via ligação ou realização de reunião online. Caso o problema seja resolvido remotamente, não é necessário a aplicação da metodologia 8D

para resolução do problema do cliente, porém, caso o problema seja crítico, a empresa envia um técnico até a planta do cliente para analisar a ocorrência do desvio.

Nos casos em que o técnico não consiga resolver o desvio apontado pelo cliente por si só, a equipe de Resolução de Problemas é acionada para dar início a implementação da metodologia 8D, com o objetivo de encontrar a causa raiz do problema, implementar soluções permanentes que garantam que o problema não ocorra novamente, e por fim, atingir a satisfação do cliente.

## **4.2 Etapas de aplicação da metodologia 8D no problema da empresa**

### **4.2.1 Disciplina 1 - Criação da Equipe**

Nesta primeira etapa, a equipe se reuniu para definir os papéis e responsabilidades para aplicação da metodologia 8D. Primeiramente, foram definidos dois papéis a seguir, de acordo com a divisão de contas de clientes do time de Resolução de Problemas:

- **Líder de Time:** responsável pela aplicação da metodologia 8D. Dessa forma, aloca tarefas para as pessoas, compara as descobertas e relata os investimentos necessários;
- **Facilitador:** seu papel é apoiar o Líder de Time e a equipe, a fim de facilitar a utilização do método 8D, para que seja usado corretamente.

Em seguida, foram estabelecidos os papéis e responsabilidades dos demais membros da equipe de acordo com a tabela 5.

Tabela 5: Papéis e responsabilidades para resolução do problema

| Pessoa | Responsabilidade  |
|--------|---|
| A      | Comunicação com o cliente                               |
| B      | Técnico responsável pela coleta de informações no campo |
| C      | Condução e planejamento da metodologia 8D (líder)       |
| D      | Suporte na aplicação da metodologia 8D (facilitador)    |
| E      | Especialista do equipamento                             |

Fonte: Elaborado pela autora

Para a definição dos papéis listados, levou-se em torno de três dias para o completo alinhamento das responsabilidades de cada membro da equipe.

#### 4.2.2 Disciplina 2 - Descrição do Problema

Foi utilizado a ferramenta 5W2H juntamente com a análise “é/não é” para a descrição e melhor entendimento do problema em questão, conforme tabela 6.

Tabela 6: Descrição do problema utilizando o 5W2H

| Descrição do problema utilizando o 5W2H                      |   |   |
|--|---|---|
|  | É   | NÃO É   |
| Qual é o problema? ( <i>What?</i> )                          | Desgaste prematuro na ventosa   | O problema não está relacionado ao ar comprimido, e nem com a configuração do equipamento Y |
| Quem observou o problema? ( <i>Who?</i> )                    | Foi observado pelo time de manutenção do cliente A  | Time operacional do cliente A   |
| Onde foi observado? ( <i>Where?</i> )                        | Foi observado no cliente A, localizado na cidade de Maringá, que possui o equipamento Y. O problema ocorre em todos os equipamentos Y instalados no Brasil                  | No equipamento Y, porém em outros modelos   |
| Quando foi observado? ( <i>When?</i> )                       | Foi observado 400h após instalar uma nova ventosa   | Logo após a instalação da peça, antes de atingir 400h                                       |
| Por que isso é um problema? ( <i>Why?</i> )                  | Aumenta o custo de manutenção e tempo de parada de máquina, uma vez que se a ventosa não funcionar adequadamente, ela não permite o encaixotamento das embalagens primárias | N/A   |
| Como o problema foi observado? ( <i>How?</i> )               | Visualmente durante a inspeção realizada pelo time de manutenção  | N/A   |
| Quantas vezes o problema foi observado? ( <i>How many?</i> ) | Toda a produção, para todos os equipamentos, após 400h de instalação da nova ventosa  | Toda a produção, logo após a troca da ventosa   |

Fonte: Elaborado pela autora

O preenchimento do 5W2H juntamente com o modelo “é/não é” foi realizado ao decorrer de duas reuniões, em dois dias distintos.

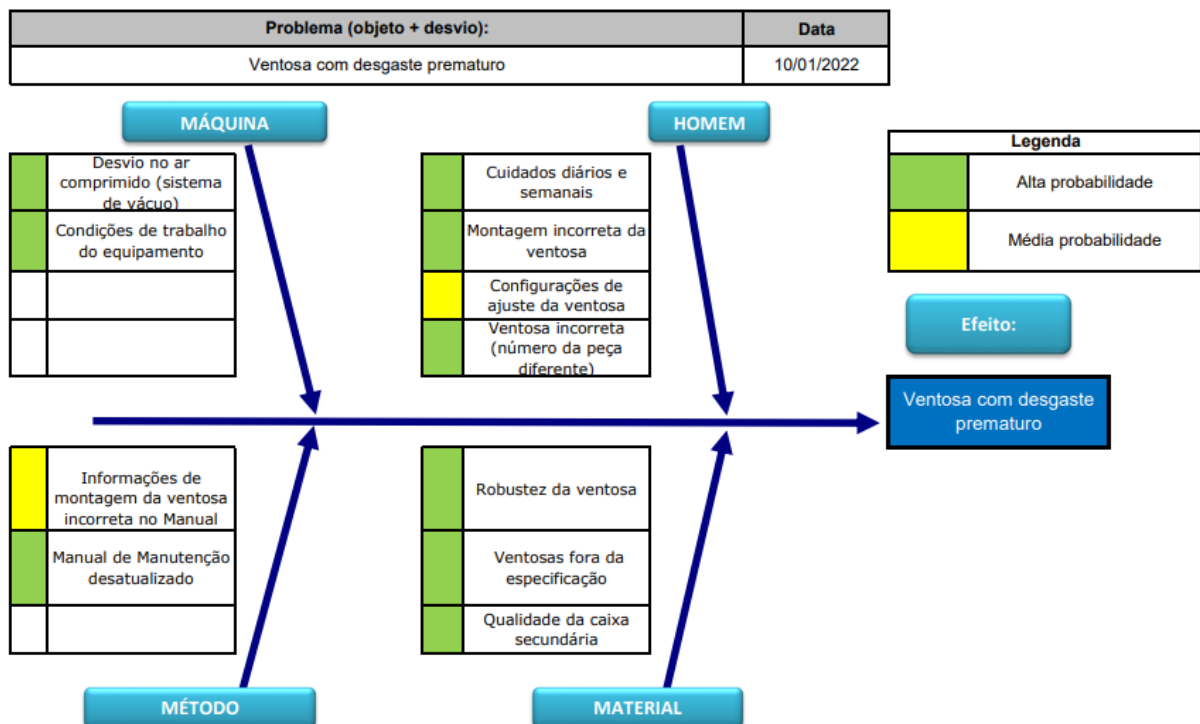
#### 4.2.3 Disciplina 3 - Contenção do problema

Após o entendimento detalhado do problema, o grupo preencheu um arquivo reportando todas as ações tomadas para restaurar as condições básicas do equipamento e os resultados obtidos com as respectivas ações. Neste caso, como se tratava de uma peça de baixo custo, a solução de contenção mais rápida e eficaz foi substituir a peça danificada por uma nova peça, até que a investigação da causa raiz fosse finalizada.

#### 4.2.4 Disciplina 4 - Identificação da causa raiz

Para a identificação das possíveis causas raízes da ventosa danificada, o time fez o Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa), obtendo-se o resultado exibido na figura 10.

Figura 10: Análise da causa raiz da ventosa danificada



Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o diagrama esquematizado na figura 10, foram listadas as possíveis causas raízes relacionadas à máquina, homem, método e material, identificando o nível de probabilidade de cada uma delas, sendo a probabilidade alta exibida pela cor verde, e a probabilidade média exibida pela cor amarela. Após esquematização do Diagrama de Ishikawa, as possíveis causas com alta probabilidade (cor verde na figura 10) foram detalhadas na ferramenta 5 porquês, até chegar a causa raiz definitiva do problema de desgaste prematuro da ventosa de borracha NBR. A seguir, tem-se de forma detalhada os pontos levantados:

#### 4.2.4.1 Possíveis causas raízes relacionadas a máquina

- **Desvio do ar comprimido:** possibilidade de a pressão de ar comprimido estar abaixo daquela recomendada, gerando falha no sistema de vácuo responsável por movimentar a caixa secundária no equipamento. A pressão de entrada de ar foi verificada e constatou-se que estava de acordo com a recomendada. Dessa forma, a causa raiz foi descartada.
- **Condições de trabalho do equipamento:** possibilidade de a máquina possuir um acúmulo de material particulado em excesso, impactando a ativação dos sensores responsáveis por identificar a presença da caixa secundária. Esta causa raiz também foi descartada, pois o técnico realizou a checagem dos sensores e todos estavam funcionando perfeitamente.

#### 4.2.4.2 Possíveis causas raízes relacionadas ao trabalho humano

- **Cuidados diários e semanais:** possibilidade dos operadores da máquina do cliente realizarem a limpeza do equipamento de forma incorreta ou manusearem os sensores de forma equivocada, impactando a ativação dos sensores responsáveis por identificar a presença da caixa secundária. O técnico da empresa constatou que os cuidados com o equipamento e o manuseio dos sensores durante a limpeza estavam sendo realizados de maneira correta conforme manual de manutenção, portanto esta causa raiz também foi descartada.

- **Montagem incorreta da ventosa:** averiguou-se as etapas de instalação descritas no manual de manutenção, bem como a posição instalada da ventosa, e pôde-se concluir que esta não era a causa raiz do problema.
- **Configurações de ajuste da ventosa:** o técnico averiguou que todos os ajustes da ventosa na máquina estavam de acordo com a especificação do manual, podendo-se descartar esta causa raiz.
- **Ventosa incorreta:** se refere à possibilidade de o cliente ter utilizado outro modelo de ventosa. O técnico conferiu se o código da peça estava correto no manual de manutenção, bem como a peça utilizada pelo cliente e descartou esta possível causa raiz.

#### 4.2.4.3 Possíveis causas raízes relacionadas ao método

- **Informações de montagem da ventosa incorreta no manual:** esta causa foi descartada após checagem do manual de manutenção disponibilizado pelo time da Central da empresa.
- **Manual de Manutenção desatualizado:** para averiguar esta possível causa raiz, foi verificado se o cliente estava utilizando o manual de manutenção de outros equipamentos e se as informações sobre a peça em questão estavam corretas no manual. No fim, esta causa foi excluída.

#### 4.2.4.4 Possíveis causas raízes relacionadas ao material

- **Má qualidade da caixa secundária:** os dois motivos que levariam à má qualidade da caixa secundária seriam a ocorrência de delaminação da caixa, ocasionando a falha na sucção pela ventosa ou a presença de resíduo na caixa secundária, interrompendo o sinal do sensor da ventosa. Ambos foram checados pelo técnico e comprovou-se que a qualidade da caixa secundária estava de acordo com a especificação.
- **Ventosas fora da especificação:** o técnico confirmou que as ventosas recebidas pelo cliente estavam dentro das especificações presentes no manual de manutenção, descartando esta causa raiz.

- **Resistência mecânica da ventosa:** como detalhado anteriormente no 5W2H, foi identificado um desgaste prematuro da ventosa, pois ela falhava antes de atingir o horímetro de troca recomendado de 2000 horas. Dessa forma, as ventosas foram enviadas para análise laboratorial para verificação de suas propriedades mecânicas. Por se tratar de um equipamento considerado econômico, o fornecedor da peça utilizava a borracha NBR por possuir um baixo custo relativo de fabricação. Portanto, para que a peça fosse capaz de atingir o tempo de vida esperado, foi necessário substituir a borracha NBR utilizada na confecção da peça pela blenda NBR/PVC, sendo esta mais resistente para a aplicação em questão.

Para a averiguação de todas as potenciais causas raízes listadas acima, foi necessário cerca de dois meses de investigação, sendo essa a etapa uma das mais longas do processo.

#### 4.2.5 Ações corretivas

Determinada a causa raiz referente ao desgaste prematuro da ventosa fabricada a partir da borracha NBR, as ações corretivas listadas pelo time foram as seguintes:

- Desenvolvimento de uma nova ventosa baseado no resultado da análise laboratorial realizada
- Verificação de possíveis fornecedores para a fabricação de uma nova ventosa
- Realização de cotações com fornecedores para dar início a produção das novas ventosas

De acordo com Meyer *et al.* (2006), as propriedades mecânicas dos elastômeros dependem do tipo de processamento, bem como dos produtos utilizados em sua formulação, tais como agentes de vulcanização, aceleradores, ativadores, antioxidantes, agentes de processamento e cargas reforçantes.

Os principais fatores que podem ter contribuído para o desgaste prematuro da ventosa feita de borracha NBR são:

- **Elevado teor de acrilonitrila:** Quanto maior a porcentagem de acrilonitrila presente na borracha nitrílica, maior a sua resistência mecânica. No entanto, perde-se em tenacidade e flexibilidade, aumentando a probabilidade da borracha se deformar plasticamente, ocasionando a ruptura após determinados ciclos.

[Digite aqui]

- **Elevada massa molar:** As características mecânicas dos elastômeros possuem uma relação diretamente proporcional à sua massa molar. De forma análoga ao alto teor de acrilonitrila, quanto mais elevada a massa molar, maior a dureza do elastômero, no entanto, sua resiliência e flexibilidade são reduzidas, podendo contribuir para o rasgamento da ventosa.

- **Ausência de um agente de partição:** A presença de um agente de partição, como por exemplo a resina de PVC, pode auxiliar no aumento da resistência à abrasão na borracha NBR, fazendo com que a ventosa consiga operar um maior número de ciclo sem ocorrer rasgamento.

Assim, de forma a aumentar o tempo de vida da ventosa para reduzir o tempo de máquina parada no cliente, a solução encontrada foi substituir o material NBR por uma blenda PVC/NBR, visto que a adição de PVC resulta em uma melhora nas propriedades de abrasão, rasgamento e tração.

#### **4.2.6 Disciplina 5 - Validação das ações corretivas**

O time de desenvolvimento da empresa juntamente com o fabricante de elastômero escolhido, definiram as especificações para fabricação da ventosa de blenda PVC/NBR, que foi implementada no cliente para a realização de testes. Como resultado, as ventosas atingiram do tempo de vida estimado de 2000 horas sem a presença de defeitos ou efeitos colaterais na linha de produção. O tempo entre a escolha do fornecedor e a realização de testes no cliente para validação dos resultados levou em torno de dois meses.

#### **4.2.7 Disciplina 6 - Implementação das ações corretivas**

De acordo com os resultados encontrados do novo modelo da ventosa instalado no equipamento do cliente, e a solução encontrada foi replicada de forma gradual nos demais clientes do Brasil que possuíam a máquina em questão em sua base, onde o problema era recorrente. Assim, mesmo após o encerramento da metodologia 8D, as soluções continuaram sendo replicadas nos clientes, não havendo um período certo de conclusão para esta etapa.

#### **4.2.8 Disciplina 7 - Prevenção da recorrência do problema**

Como método preventivo, a solução encontrada foi documentada no sistema global da empresa, de forma a garantir que todos os funcionários da área teriam acesso à informação.

[Digite aqui]

Além disso, o caso em questão foi compartilhado em uma reunião semanal envolvendo a liderança. A tabela 7 apresenta as “Lições aprendidas” documentadas pela empresa e inseridas no sistema.

Tabela 7: Lições aprendidas registradas pela equipe

| <b>Lições Aprendidas</b>                      |   |                    |                    |
|---|---|--------------------|--------------------|
|   | <b>Ações</b>  | <b>Responsável</b> | <b>Data limite</b> |
| <b>O que ocorreu bem?</b>                     | A equipe se apresentou no cliente de forma rápida e já começou a atuar no problema                            | N/A                | N/A                |
|   | Rápido retorno da Central referente á análise do material que foi solicitada                                  | N/A                | N/A                |
| <b>O que não aconteceu como esperado?</b>     | Novo fornecedor não estava cadastrado no sistema, o que gerou uma demora no processo de compra de peças novas | N/A                | N/A                |
|   | Demora no cadastro da nova peça com novo código   | N/A                | N/A                |
| <b>Como compartilhar os aprendizados?</b>     | Apresentação do caso na reunião semanal para conhecimento de todos os gerentes                                | A e E              | 31/06/2022         |
|   | Criação da Solução de Contenção dentro do sistema utilizado pela Empresa                                      | F                  | 31/06/2022         |
| <b>Como evitar a recorrência do problema?</b> | Solicitar a troca do código da nova ventosa no sistema utilizado pela Empresa                                 | A                  | 31/08/2022         |
|   | Realizar a troca proativa das ventosas em todas as máquinas dos clientes do Brasil                            | E                  | 31/12/2022         |
|   | Compartilhar a Solução de Contenção com a Central para avaliar a possibilidade de torná-la uma solução global | E                  | 31/08/2022         |

Fonte: Elaborado pela autora

Para o registro das lições aprendidas juntamente com o compartilhamento da solução com as partes interessadas, levou-se em torno de uma semana.

#### **4.2.9 Disciplina 8 – Parabenização da equipe**

Após a finalização das atividades, houve a parabenização dos membros da equipe por resolverem o problema do cliente, identificando a causa raiz para evitar a recorrência do rasgamento da ventosa.

[Digite aqui]

### 4.3 Obstáculos para implementação da metodologia 8D na empresa

De forma geral, os maiores obstáculos para a realização das etapas da metodologia 8D envolveram a compatibilidade de agenda dos membros do time da empresa para a realização das reuniões, bem como a disponibilidade do cliente para receber os técnicos da empresa, visto que era necessário em alguns casos parar a produção para checagem do equipamento, além do deslocamento de um time técnico do cliente para acompanhar a equipe técnica da empresa na investigação do caso.

### 4.4 Comparação entre a teoria da metodologia 8D e a praticada pela empresa

Ao comparar cada uma das etapas da metodologia 8D de acordo com os livros e artigos científicos consultados com a prática realizada na rotina da empresa, percebeu-se uma grande similaridade entre as disciplinas, conforme análise a seguir.

- **Disciplina 1:** assim como na teoria, a equipe foi definida contendo pessoas estratégicas, com conhecimento do equipamento onde estava ocorrendo o problema. Além disso, nesta primeira etapa foi estabelecido o objetivo de garantir que o tempo de vida da ventosa fosse atendido conforme o manual de manutenção da empresa.

- **Disciplina 2:** nesta etapa, a empresa utilizou a ferramenta 5W2H para compreender o problema, assim como orientado na teoria. No entanto, a empresa utilizou também o modelo “é/não é”, com o objetivo de eliminar as inferências que não estavam atreladas ao problema, restringindo a abrangência da investigação. Assim, o problema foi mapeado e definido de forma clara, como instruído na teoria.

- **Disciplina 3:** etapa seguida conforme a metodologia. Com o objetivo de prevenir que o problema se tornasse mais crítico, a empresa realizava a troca da ventosa assim que ela rasgava, conforme a teoria, mesmo que isso significasse um custo maior, pois essa ação de contenção evitava a parada de máquina do cliente. Além disso, a empresa reportou todas as ações tomadas em um documento, bem como os responsáveis por cada ação.

- **Disciplina 4:** dentre as ferramentas recomendadas na teoria, a empresa utilizou o Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês para identificar todas as possíveis causas raízes para seguir com a [Digite aqui]

investigação do problema. Além disso, assim como na teoria, as causas foram classificadas em termos de probabilidade de maior ocorrência, para priorizar as análises. Em paralelo com o desenvolvimento dos 5 porquês, a empresa criou um arquivo com uma lista de atividades que deveriam ser verificadas, com o objetivo de verificar o porquê das possíveis causas, definindo um responsável por cada uma delas, uma data limite para a realização das atividades, bem como o resultado obtido.

- **Disciplina 5:** nesta fase, a teoria orienta que as causas raízes com maior potencial de ocorrência sejam investigadas e tenham soluções estudadas. No caso do problema em questão, a empresa entrou em contato com um fabricante de elastômero para verificar a viabilidade de produzir uma ventosa que atingisse o tempo de vida esperado de 2000 horas.

- **Disciplina 6:** para a implementação da substituição das ventosas moldadas em NBR pelas ventosas moldadas em PVC/NBR, não foi documentado um plano de estratégia, juntamente com os responsáveis pela execução das tarefas com uma data de conclusão definida. Apesar de não haver um plano estratégico bem definido, foram criadas reuniões para tratar do envio das novas ventosas ao cliente, e a definição dos responsáveis foi sendo feita conforme disponibilidade e demanda do time.

- **Disciplina 7:** assim como orientado na teoria, a empresa realizou o registro das ações necessárias para evitar a recorrência do problema por meio de uma tabela nomeada “Lições aprendidas”, que continha informações sobre o que ocorreu bem e o que não ocorreu bem durante a resolução do problema do cliente, bem como ações especificadas para evitar a recorrência do desgaste prematuro da ventosa. Para isso, foram definidos responsáveis e datas limites para a tomada de ações, conforme teoria.

- **Disciplina 8:** após finalizar a implementação da metodologia 8D e resolvido o problema do desgaste prematuro da ventosa, o time foi parabenizado pela condução do caso.

Frente a comparação realizada acima, pode-se concluir que a utilização da metodologia 8D contribuiu para identificação da causa raiz que provocava o rasgamento da ventosa feita de borracha NBR. Ao seguir os passos da metodologia, a empresa foi capaz de estruturar as ações para conter o problema do cliente, bem como restringir e analisar as potenciais causas raízes que provocaram o rasgamento da ventosa, que envolviam desde a suspeita de um desvio no sistema de vácuo, passando pela montagem incorreta da peça, pela falta de atualização do manual de manutenção, até a análise do material da peça.

Dessa forma, por meio da implementação das ferramentas de qualidade sugeridas pela metodologia 8D, a equipe de Resolução de Problemas juntamente com o fornecedor escolhido, concluiu que a solução estaria na substituição do material da peça por uma blenda PVC/NBR que obtivesse uma maior resistência ao rasgo para suportar os ciclos de trabalho da ventosa.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho comparou os conceitos da metodologia 8D descritos na literatura científica com a aplicação desta metodologia em uma empresa do setor de equipamentos do ramo alimentício para identificação da causa raiz de um problema que ocorreu em um componente de máquina, ocasionando a parada de produção de um cliente.

As análises realizadas evidenciaram que apesar de haver divergências pontuais entre a literatura e a metodologia empregada pela empresa nas etapas de descrição do problema (disciplina 2) e implementação de ações corretivas (disciplina 6), a organização possui os processos bem definidos e estruturados, que conduziram a equipe a encontrar a causa raiz da ventosa e solucionar o problema do cliente. Dessa forma, a metodologia 8D é uma tratativa eficaz na resolução de problemas, visto que ela possui uma abordagem sistemática e disciplinada, que conduzem ao entendimento assertivo da causa raiz do problema.

Por fim, a blenda PVC/NBR resultou em uma melhora nas propriedades de rasgamento e tração, prolongando o tempo de vida útil da ventosa.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Ciro José. Desenvolvimento de metodologia de ensaios para avaliação comparativa do envelhecimento de borrachas nitrílicas expostas à diversas condições de temperatura e ambiente. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.**
- ATIGRE, Praveen S.; SHAH, A. P.; PATIL, V. R. Application of 8D methodology for minimizing the defects in manufacturing process: a case study. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, v. 6, n. 09, p. 123-126, 2017.
- BASTOS, A.J.A.. **Implementação da ferramenta 8D em fornecedores de embalagem Bosch.** Universidade de Aveiro, 2012.
- CAMPAGNARO, Carlos Alberto *et al.* Um estudo sobre métodos de análise e solução de problemas (MASP) na cadeia de fornecimento das montadoras automotivas nacionais. **Enegep, XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008.**
- CANEVAROLO JR, Sebastião V. **Ciência dos polímeros.** Artiliber editora, São Paulo, v. 24, 2002.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade.** EDa Atlas SA, 2016.
- CARPINETTI, L. C. R. Proposta de um modelo conceitual para o desdobramento de melhorias estratégicas. **Gestão & Produção**, v. 7, n. 1, p. 29–42, abr. 2000.
- CORAN, Aubert Y. **Vulcanization. In: Science and technology of rubber.** Academic Press, 1994. p. 339-385.
- DA COSTA, H. M. *et al.* **Aspectos Históricos da Vulcanização.** [s.l: s.n.].
- DANIELEWICZ, Marcio *et al.* **Procedimentos para rastreabilidade das não-conformidades no processo produtivo.** 2006.
- FURTADO, Ana Maria *et al.* Avaliação do processo de cura da borracha nitrílica (NBR) pela resina fenólica através do cálculo da constante de cura. **Polímeros**, v. 11, p. 9-15, 2001.
- GALDÁMEZ, E. V. C.; CARPINETTI, L. C. R.; GEROLAMO, M. C. Proposta de um sistema de avaliação do desempenho para arranjos produtivos locais. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 1, p. 133–151, 2009.

GEORGE, K. E.; JOSEPH, Rani; FRANCIS, D. Joseph. **Studies on NBR/PVC blends**. Journal of applied polymer science, v. 32, n. 1, p. 2867-2873, 1986.

GOMES, Arthur Fricks; GENARO, Julio Galves. **Proposta de um índice de criticidade para avaliação de problemas de qualidade de pós-venda da indústria automobilística**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

KAPLÍK, Pavol *et al.* **Use of 8D method to solve problems**. In: Advanced Materials Research. Trans Tech Publications Ltd, 2013. p. 95-101.

KHALAF, A. I. *et al.* **High performance oil resistant rubber**. 2012.

KOHJIYA, S.; IKEDA, Y. Chemical fundamentals relevant to natural rubber. Em: **Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber**. [s.l.] Elsevier, 2021. p. 3–21.

KRAJNC, Marjanca. **With 8D method to excellent quality**. **Journal of Universal Excellence**, v. 3, n. 10, p. 118-129, 2012.

KUMAR, T. S. M.; ADAVEESH, B. **Application of “8D methodology” for the root cause analysis and reduction of valve spring rejection in a valve spring manufacturing company: A case study**. Indian J. Sci. Technol, v. 10, n. 11, p. 1-11, 2017.

LARSSON, Marcus; NORÉN, Martin. **Assessment and improvement of QJ problem solving process with respect to six sigma**. 2011.

LEE, K. S.; WHELAN, Anthony (Ed.). **Developments in Rubber Technology—4**. Springer Science & Business Media, 2012.

MEIRELES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas**. Arte & Ciência, 2001.

MEYER, Adailze L. *et al.* **Avaliação das propriedades termo-mecânicas de borracha nitrílica após ensaio de compatibilidade de acordo com ASTM D 3455**. Polímeros, v. 16, p. 230-234, 2006.

MIGUEL, P. A. C.; SOUSA, R. O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2.<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. Cap. 6, p. 131-148

MORTON, Maurice (Ed.). **Rubber technology**. Springer Science & Business Media, 2013.

[Digite aqui]

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Otávio J. **Curso básico de gestão da qualidade**. Cengage Learning, 2020.

PANIAGO, Argelio Lima; ARTERO, Gabriel Giovani; DE MOURA JUNIOR, André Luiz. **Utilização do desdobramento da função qualidade (qfd), metodologia de inovação (triz) e solução de problemas (kt): estudo de caso em componente automotivo**. Recima21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 4, n. 3, p. e432892-e432892, 2023.

PARIS, Wanderson Stael. Proposta de uma metodologia para identificação de causa raiz e solução de problemas complexos em processos industriais: um estudo de caso. **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Curitiba**, p. 1-109, 2003.

PASSADOR, Fabio Roberto. **Desenvolvimento de blendas poliméricas PVC/NBR através de processamento reativo e vulcanização dinâmica in situ**. 2008.

PERKIN, Robert; BARSALOU, Matthew. **Proceedings on Engineering**, v. 4, n. 4, p. 407-416, 2022.

RODOLFO JR, A.; NUNES, L.R.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. 2 ed. São Paulo: Proeditores/Braskem, 2006.

**Rubber Technology**. [s.l.] Springer Netherlands, 1999.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, Márcio. **História da Amazônia**. Manaus: Editora Valer, 2009.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa**. São Paulo: Atlas, v. 34, p. 38, 2006.

WERKEMA, Cristina. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas**. Rio de Janeiro Grupo GEN, 2014.