

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ALESSANDRA VARONI ARAÚJO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO MÉTODO *SHAININ* NA RESOLUÇÃO DE
DEFEITOS: UM ESTUDO DE CASO NO RAMO DE EMBALAGENS**

LONDRINA

2022

ALESSANDRA VARONI ARAÚJO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO MÉTODO *SHAININ* NA RESOLUÇÃO DE
DEFEITOS: UM ESTUDO DE CASO NO RAMO DE EMBALAGENS**

**Application of Shainin method tools in defect resolution: a case study in a
packaging industry**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Me. José Luis Dalto

LONDRINA

202



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ALESSANDRA VARONI ARAÚJO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO MÉTODO *SHAININ* NA RESOLUÇÃO DE
DEFEITOS: UM ESTUDO DE CASO NO RAMO DE EMBALAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de
Produção da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 08 de junho de 2022

José Luis Dalto
Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rafael Henrique de Palma Lima
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Pedro Rochavetz de Lara Andrade
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

AGRADECIMENTOS

Agradeço meu orientador e todo o corpo docente de Engenharia de Produção da UTFPR Londrina que trabalham frequentemente para enriquecer os alunos e despertar nossos melhores profissionais.

Agradeço aos líderes da empresa, que concluíram o projeto do estudo de caso junto comigo e que, diariamente, me instruem e me guiam no ambiente corporativo moldando uma melhor versão de mim. Agradeço a confiança e investimento em mim.

Agradeço aos meus amigos que acompanharam meu progresso profissional e pessoal, foram meu apoio em todas as dificuldades que me deparei durante meu caminho universitário e sempre estenderam a mão para me ajudar. Agradeço a dedicação, risadas, amizade e ao quanto vocês agregaram à minha pessoa.

E por fim, agradeço à minha família que durante todo meu processo de desenvolvimento vêm me apoiando, me suportando nas dificuldades, comemorando minhas conquistas, me aconselhando e me dando forças. Agradeço por me orientarem e serem meu apoio.

RESUMO

Com a alta demanda de resolução de problemas no mercado, é exigido dos profissionais que estejam preparados para os diferentes tipos de problemas encontrados, e tenham estratégias conhecidas para alcançar uma solução. Várias ferramentas simples e práticas são utilizadas para orientação de resolução de problemas, apesar disso, quando se trata de um problema complexo as ferramentas usualmente aplicadas podem não ser o suficiente para se chegar à causa raiz de um desvio. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação de ferramentas da Metodologia *Shainin* na identificação da causa raiz do desvio de vazamento no processo de formatação de embalagem. Fundamentando-se principalmente em Gil (2002) para elaboração da pesquisa, e em Bothe (2000) para baseamento teórico da metodologia Shainin, este estudo apresenta um referencial teórico da ferramenta, contextualização da situação e do desvio, e a aplicação das ferramentas com seus respectivos resultados. Utilizando o conceito de *Design of experiments* (Delineamento de experimentos) a aplicação da metodologia Shainin foi executada com a expectativa de alcançar o controle dos efeitos no produto a partir da manipulação de suas variáveis. Com as descobertas de duas principais causas-raiz, a pesquisa detalha a evolução desse conhecimento e resolução do desvio detectado.

Palavras-chave: resolução de problema complexo; metodologia Shainin; causa raiz.

ABSTRACT

Due to the high demand for problem solving in the business, people are required to be prepared for the different types of problems detected, and they are also required to have known a model path to reach a solution. Several simple and practical tools are used for troubleshooting guidance, however, when dealing with a complex problem the tools usually applied may not be enough to get to the defect root cause. Thus, this study aims to apply some tools of a methodology for solving complex problems, the Shainin methodology, in identifying the root cause of package leakage in the formatting process at packaging industry. Based mainly on Gil (2002) for the elaboration of the research, and on Bothe (2000) for the Shainin methodology theoretical basis, this study presents a theoretical reference of the tool, contextualization of the situation and the failure, and the application of the tools with their respective results. With the discovery of two main root causes, the research details the evolution of this knowledge and resolution of the initially detected defect.

Keywords: complex problem solving; Shainin methodology; root cause.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo fluxograma	19
Figura 2 - Modelo Diagrama de Pareto	20
Figura 3 - Modelo Diagrama de shikawa	21
Figura 4 - Modelo Diagrama de dispersão	22
Figura 5 - Modelo histograma	23
Figura 6 - Modelo gráfico de controle	24
Figura 7 - Modelo folha de verificação	25
Figura 8 - Fluxograma do Processo Produtivo da Embalagem Pouch.....	31
Figura 9 - Esquema Técnico da Embalagem Pouch.....	31
Figura 10 - Máquina de Formatação de Pouch	32
Figura 11 - Esquema Técnico da Embalagem Pouch Frente e Lateral	32
Figura 12 - Abordagens de resolução de problemas	35
Figura 13 - Identificação do ponto tríplice na embalagem pouch.....	37
Figura 14 - Desvio encontrado pelo cliente	37
Figura 15 - Desvio encontrado pelo cliente	37
Figura 16 - Exemplo Árvore de Definição do Projeto.....	38
Figura 17 - Abordagens de descoberta do Red X.....	40
Figura 18 - Abordagens de descoberta do Red X.....	41
Figura 19 - Fotografia frontal da máquina de compressão.....	43
Figura 20 - Fotografia dinamômetro da máquina de compressão	43
Figura 21 - Esquema da estrutura do filme	43
Figura 22 - Fluxograma de classificação do teste de compressão.....	44
Figura 23 - Representação do gabarito do teste de compressão	45
Figura 24 - Princípio de Pareto na Metodologia Shainin.....	47
Figura 25 - Paired Comparison Altura da Sanfona	49
Figura 26 - Paired Comparison Espessura nas laterais.....	50
Figura 27 - Representação da Selagem da parábola.....	50
Figura 28 - Representação das selagens transversais	51
Figura 29 - Representação do deslocamento da parábola	52
Figura 30 - Representação da medição do deslocamento da parábola	53
Figura 31 - Microscopia do ponto tríplice	56

Figura 32 - Microscopia das amostras BOB e WOW no ponto tríplice	57
Figura 33 - Sensory Score da microscopia do ponto tríplice	58
Figura 34 - Resumo do teste Liga x Desliga	59
Figura 35 - Sensory Score teste Liga x Desliga.....	61
Figura 36 - Teste do carbono	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medição da Variação da Parábola	53
Tabela 2 - Paired Comparison relacionando o Red X® com Green Y®	54
Tabela 3 - Relação de Red X® com Green Y® de amostras aleatórias	55
Tabela 4 - Resumo do teste Liga x Desliga	59
Tabela 5 - Conversão do Sensory Score para uma escala numérica	6

LISTA DE ABREVIATURAS

SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
<i>DOE</i>	<i>Design of Experiments</i>
<i>BOB</i>	<i>Best of Best</i>
<i>WOW</i>	<i>Worst of Worst</i>
PE	Polietileno
PET	Poliéster
BOPA	Poliamida Biorientada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
1.2	Estrutura da pesquisa	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Sistema de Gestão da Qualidade na Indústria	12
2.2	Ferramentas da Qualidade	14
2.2.1	Fluxograma	15
2.2.2	Diagrama de Pareto	15
2.2.3	Diagrama de Ishikawa	16
2.2.4	Diagrama de Dispersão	17
2.2.5	Histograma	18
2.2.6	Carta de controle / gráficos de controle	19
2.2.7	Folha de verificação	20
2.2.8	Análise de problemas complexos	20
2.3	Metodologia <i>Shainin</i>	21
3	MÉTODO DE PESQUISA	25
3.1	Metodologia da Pesquisa	25
4	RESULTADOS	30
4.1	Foco	32
4.2	Abordagem	34
4.3	Convergência	40
4.3.1	Deslocamento da parábola	45
4.3.2	Microscopia do ponto tríplice	50
4.4	Testar	53
4.5	<i>Understanding</i>	55
4.6	Ação	57
4.7	Alavancar	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6	REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

Em um ambiente cada dia mais avançado e competitivo, conduzido por melhorias diárias e rápidas mudanças tecnológicas, é notável o aumento da exigência de respostas ágeis imposta pelo mercado consumidor, como explica Paris (2003). Além das necessidades imediatas dos consumidores, existe uma abrangência de áreas em que o valor percebido pelo cliente é avaliado, como o aspecto físico e estético, as causas defendidas pela marca, a durabilidade do produto, a excelência no atendimento e experiência do cliente, dentre tantas outras percepções recebidas pelo consumidor que faz com que ele se sinta satisfeito ao final do processo.

Cada um desses fatores avaliados é previamente discutido e gerenciado buscando obter o melhor resultado experimentado pelo cliente, ou seja, obter a melhor qualidade percebida no produto. Contudo, a gestão do planejamento, execução e acompanhamento de cada um desses fatores não é uma função simples, principalmente quando se considera a realidade de uma grande indústria. A empresa precisa de um sistema que envolva atividades coordenadas e que conduza e controle a organização em relação à qualidade, esse é o papel do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ).

O SGQ tem uma atuação importante na indústria, uma vez que impacta diretamente nos custos e, conseqüentemente, na rentabilidade das empresas, além da satisfação do cliente, como comentado. Para uma organização de grande porte, a estruturação e funcionamento dos fluxos se tornam mais complexos e de difícil implementação.

Ainda que o SGQ facilite a construção de uma solução para as dificuldades encontradas, quando a situação apresentada se trata de um problema complexo o SGQ pode não ser mais suficiente. Em cenários como este, os fluxos de soluções existentes não suportam tamanha crise e passa a ser necessária a utilização de ferramentas específicas para resolução de problemas, já que, para alcançar uma solução eficaz para determinado problema é necessário que o mesmo seja reconhecido e totalmente compreendido, isso significa que, precisa ser identificada a sua causa raiz para melhor proposta da solução.

O choque com um problema complexo é frequentemente respondido com o uso da intuição na procura de esclarecimento do problema, assim explica Paris (2003)

manifestando a possibilidade de tal caminho resultar em prejuízos ao invés de solucionar o problema. Essa ruptura entre um problema complexo e a descoberta de sua causa raiz motiva o estudo e desenvolvimento de ferramentas que tragam um direcionamento nas etapas de resolução do problema complexo. No entanto, até que esses esclarecimentos surjam, permanece a incerteza sobre qual seria a melhor ferramenta a ser utilizada.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar a aplicação de ferramentas da Metodologia *Shainin* na identificação da causa raiz do desvio de vazamento no processo de formatação de embalagem.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar levantamento bibliográfico de ferramentas da Metodologia *Shainin*;
- Descrever a falha encontrada no produto;
- Explicar o histórico de dificuldades do problema apresentado;
- Aplicar ferramentas da Metodologia *Shainin* na resolução do problema apresentado;

1.2 Estrutura da pesquisa

As etapas metodológicas foram divididas em quatro capítulos. O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico, em que consta as fundamentações teóricas de algumas das ferramentas da qualidade, uma análise de problemas complexos, e um levantamento bibliográfico da metodologia *Shainin*. No Capítulo 3 é apresentado o método de pesquisa, abordagens tomadas e descrito o caso estudado, com apresentação do processo e do produto em questão. O Capítulo 4 desenvolve as aplicações de cada ferramenta utilizada da metodologia *Shainin* expondo os resultados encontrados em cada uma delas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda os principais conceitos necessários para o entendimento do estudo desenvolvido, apresentando as ferramentas de qualidade, um entendimento de problemas complexos, e uma base estrutural da metodologia *Shainin*.

2.1 Sistema de Gestão da Qualidade na Indústria

A decisão de compra de um produto e/ou serviço é guiada pela experiência do consumidor no primeiro contato com o produto ou em compras já realizadas. Essa experiência, como explica Lopes (2014), se baseia na qualidade percebida pelo cliente, ou seja, a diferença entre a expectativa sobre o produto na aquisição e a percepção pós-consumo. Isso significa que conforme as expectativas do consumidor são atingidas, a compra tende a acontecer outra vez, assim como, quando as expectativas são fracassadas, dificilmente o cliente voltará a utilizar o produto.

Esse raciocínio norteia a evolução das indústrias, já que as fraquezas e ameaças da empresa podem ser interpretadas de forma a diminuir a qualidade percebida pelo consumidor. Assim, as organizações precisam utilizar da identificação dos pontos fracos como oportunidades de melhorias a fim de levantar sua performance e valor recebido pelo cliente (NOGUEIRA e DAMASCENO, 2016).

Como forma de garantia desse resultado e gestão rotineira dos fluxos necessários, as empresas adotam o Sistema de Gestão da Qualidade já que, segundo Paladini (2019), a Gestão da Qualidade consiste no conjunto de atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização com relação à qualidade, englobando desde o planejamento, o controle, a garantia e a melhoria da qualidade, sendo que, em todas as etapas, pode-se estar presente a melhoria da qualidade. Como explica Goetsch (2016), citado por Paladini (2019), a Gestão da Qualidade Total passou a ser considerada um elemento essencial para a estruturação de modelos de excelência organizacional.

De forma simplificada, pode-se dizer que o SGQ é um conjunto de recursos e regras estabelecidas, implementado de forma adequada, com o objetivo de orientar cada parte da organização para que execute, de maneira correta e no tempo devido, a sua tarefa, em harmonia com as outras, estando todas direcionadas para o objetivo

comum da empresa, que é ser competitiva (MARANHÃO, 1996 apud SZYSZKA, 2001). Desse modo, o SGQ se torna uma ferramenta indispensável para as indústrias, principalmente de grande porte, já que a complexidade e abrangência dos fluxos exige uma gestão consistente e bem implementada.

O Sistema de Gestão da Qualidade conta com 7 princípios/pilares nos quais as normas da família ISO 9000 se baseiam, e que facilitam o entendimento dos objetivos da qualidade, potencializando seu uso como ferramenta para melhoria do processo e aproximação de modelos de excelência em qualidade. Sobre os princípios, listados conforme a ISO 9000 (ABNT,2015) e explicados por Bastos e Gutz (2014), são eles:

- Foco no cliente: O objetivo principal da qualidade é atender as necessidades e expectativas do cliente; “As organizações dependem de seus clientes e, portanto, é recomendável que atendam às necessidades atuais e futuras do cliente, a seus requisitos e procurem exceder suas expectativas”.
- Liderança: Os líderes das organizações desempenham um papel de extrema importância no SGQ, uma vez que estabelecem os propósitos e direcionamentos a serem seguidos, além de disponibilizarem as condições necessárias para que as pessoas atinjam os objetivos da qualidade da empresa. Convém que os líderes criem e conservem um ambiente interno onde as pessoas se sintam envolvidas, motivadas e compreendam os objetivos da organização.
- Engajamento das pessoas: Pessoas competentes engajadas são essenciais para o alcance das metas, por isso, a conscientização, a comunicação e desenvolvimento são fundamentais para a implementação e manutenção do SGQ. O envolvimento total das pessoas permite que cada uma de suas habilidades individuais sejam usufruídas a favor da empresa, além disso, o envolvimento das pessoas faz com que elas passem a enxergar não só o resultado pessoal, mas também o desempenho do grupo, compartilhando assim seus conhecimentos com o time.
- Abordagem de processo: Quando os recursos são geridos como processos individuais e inter-relacionados, os resultados são alcançados de forma mais eficaz. A abordagem de processo permite visualizar sistemicamente o funcionamento da organização como um todo, tornando mais eficiente o alcance dos objetivos.

- **Melhoria:** As organizações precisam trabalhar com melhorias contínuas para lidar com as possíveis mudanças e criar novas realidades e oportunidades. Bastos e Gutz (2014) diz que podemos considerar a melhoria contínua como um estado de espírito associado a uma cultura da empresa, para essa melhoria acontecer é importante que tenham orientações aos colaboradores, focadas em melhorias, existir uma comunicação interna sobre a gestão da qualidade e reconhecer as melhorias.
- **Gestão de relacionamento:** O sucesso da organização é mais fácil de ser atingido quando a empresa mantém uma gestão de relacionamento com seus stakeholders otimizando o impacto sobre seu desempenho.
- **Tomada de decisão com base em evidências:** As tomadas de decisão precisam ser baseadas em dados e informações que mostrem a real situação, e não em intuição, a fim de obter uma atuação efetiva e garantindo que as informações são suficientes para seguir uma direção.

2.2 Ferramentas da Qualidade

Existem várias ferramentas e/ou instrumentos que auxiliam na identificação e entendimento de problemas dentro de uma organização, facilitando a percepção do problema e do desenvolvimento de soluções assertivas. Vergueiro (2014) explica que muitas dessas ferramentas constituem-se em recursos gráficos que procuram deixar evidente a questão que se pretende analisar e/ou solucionar; outras representam técnicas para enfoque dos problemas.

Segundo Deming, citado por Meirelles (2001), aproximadamente 94% de todos os problemas administrativos são provenientes de causas comuns que podem ser atribuídas a processos e métodos; e 6% podem ser atribuídos aos operadores de máquina. Ishikawa sustenta o pensamento quando diz que 65% a 80% dos problemas que afetam uma empresa são de responsabilidade da gerência, isto é, não são de responsabilidade dos operadores.

Como explica Meirelles (2001) citado por Souto (2021, p.24):

a importância de se utilizar as ferramentas da qualidade é que elas mostram o significado de variabilidade que se encontra na gestão da qualidade, pois ao fazer uso da qualidade total para buscar melhorias contínuas é necessário que a equipe compreenda as causas dos problemas, fazendo com que desta forma as pessoas aprendam a

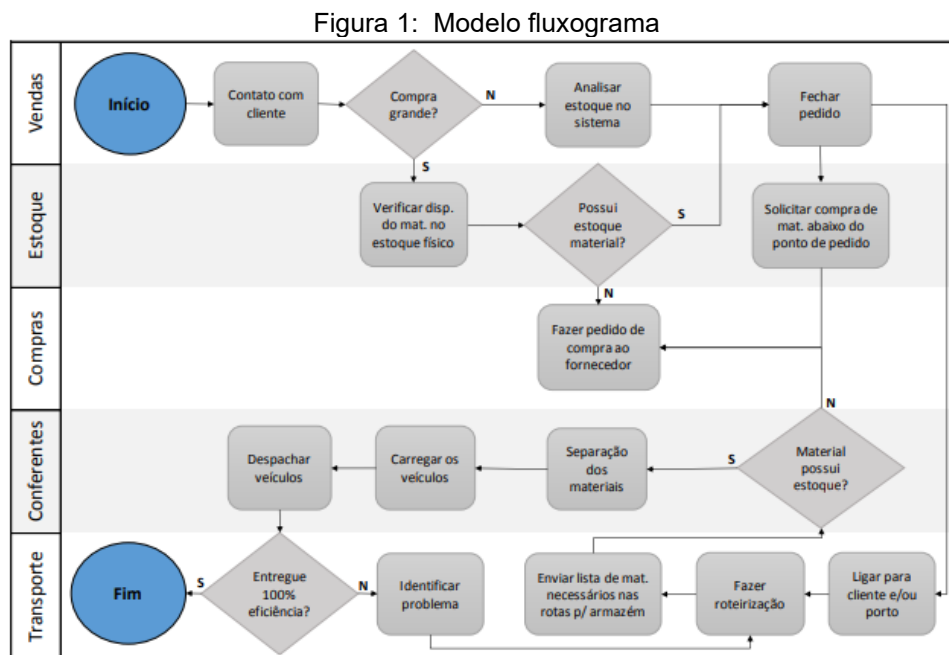
controlar a variabilidade do processo, pois esta variabilidade é o caminho técnico para qualidade total.

2.2.1 Fluxograma

O fluxograma é utilizado quando se pretende representar percursos de processos, compostos de passos individuais, explica Kirchner (2010)

Souto (2021) define o Fluxograma como um resumo ilustrativo do fluxo de várias operações de um processo. Explica que o mesmo documenta todo um processo, mostrando suas etapas e o que acontece em cada uma delas, inclusive os materiais que entram e saem, serviços realizados, decisões a serem tomadas e stakeholders.

Lucinda (2010) considera o fluxograma uma excelente ferramenta para analisar processos, uma vez que possibilita uma compreensão rápida de todas as atividades realizadas por todas as partes envolvidas. A Figura 1 traz um exemplo de fluxograma.



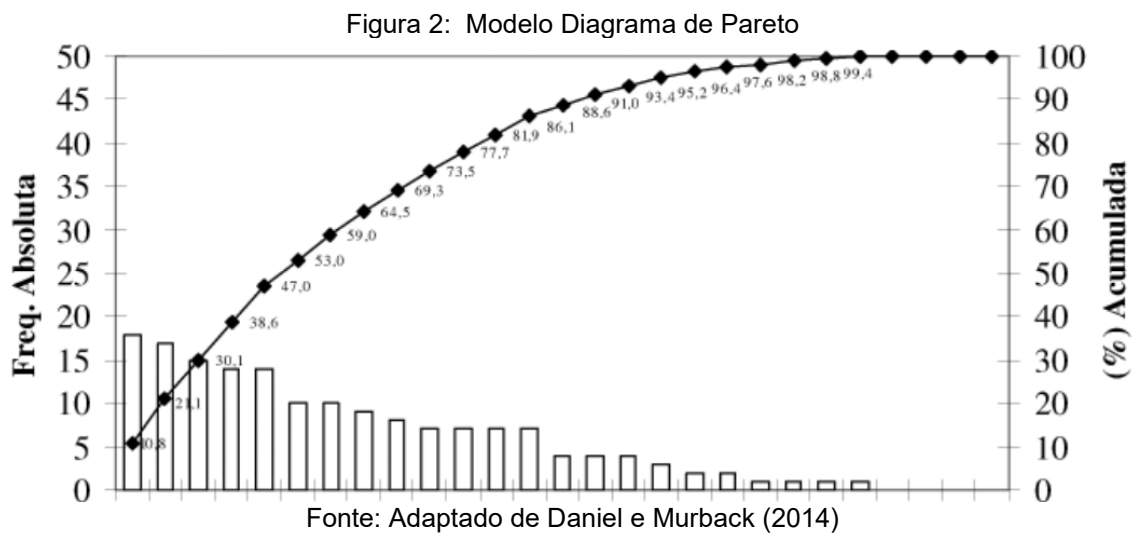
Fonte: Ramon et al. (2016)

2.2.2 Diagrama de Pareto

Na análise de Pareto, também conhecida como curva ABC, é utilizada uma representação de diagrama em blocos para auxiliar na tomada de decisão, que deve ser avaliada em ordem de prioridade. O princípio de Pareto diz que entre muitas variáveis de influência, poucas são dominantes. Trazendo para a Gestão da Qualidade, isso significa que poucas causas de defeitos geram a maior parte de produtos não conformes. (KIRCHNER, 2010)

Como explica Souto (2021), segundo o princípio de Pareto, 80% das consequências/efeitos são derivados de 20% das causas.

Daniel e Murback (2014) evidenciam que as barras representadas no gráfico são dispostas em ordem decrescente, na qual ao lado esquerdo do diagrama se apresenta a frequência absoluta e ao lado direito, a frequência acumulada, sendo que cada barra representa uma causa de desvio, mostrando assim, o grau de importância e contribuição de cada causa.



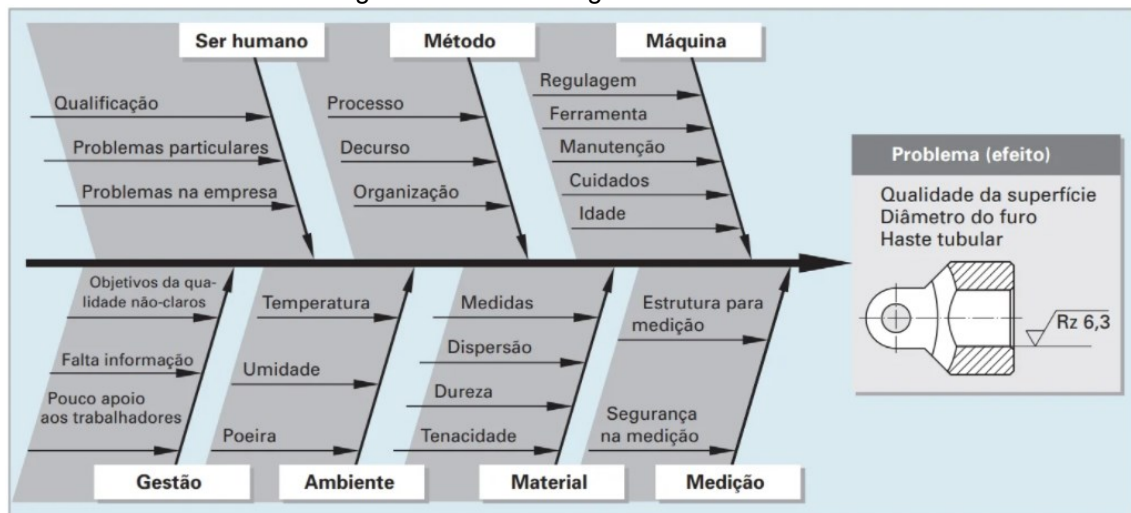
2.2.3 Diagrama de Ishikawa

Daniel e Murback (2014) explicam que o diagrama de Ishikawa foi utilizado pela primeira vez no Japão em 1953 pelo professor da Universidade de Tóquio, Kaoru Ishikawa, a fim de sintetizar as opiniões de engenheiros que discutiam sobre problemas de qualidade e para explicar como vários problemas poderiam estar relacionados entre si.

De acordo com Kirchner (2010), o diagrama de Ishikawa também é conhecido como diagrama de causa e efeito ou diagrama de espinha de peixe, e nele são

coletados possíveis fatores de influência a serem solucionados, os quais são classificados em categorias já pré-definidas.

Figura 3: Modelo Diagrama de Ishikawa



Fonte: Kirchner (2014)

Souto (2021, p. 27) esclarece que “o próprio diagrama não identifica a causa do problema, mas ajuda a organizar de forma eficaz as sugestões de causas definitivas, potencializando a busca por esta”.

2.2.4 Diagrama de Dispersão

Segundo Kirchner (2010, p. 86), sobre o diagrama de dispersão:

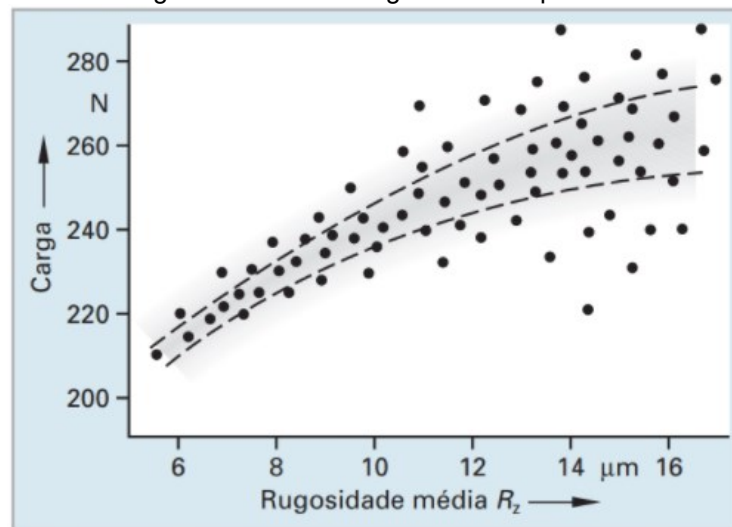
Se mais variáveis influenciam um processo, é importante detectar, para a otimização dele, se há relação de interdependência entre essas variáveis. Para isso, comparam-se as variáveis aos pares. Com o diagrama de dispersão, pode-se julgar que característica a relação entre as duas variáveis tem e em que intensidade ela ocorre.

Cooper e Schindler (2001), citados por Souto (2021), afirmam que esses diagramas são fundamentais para o entendimento das relações entre as variações analisadas, uma vez que fornecem um meio para a inspeção visual dos dados, visto que, no diagrama pode-se representar as direções e as formas de relação entre as variáveis.

O conhecimento da tendência de variação obtida pelo diagrama de dispersão é capaz de melhorar os métodos de controle dos processos estudados, tornando

eficaz a identificação de possíveis problemas e conseqüentemente, o planejamento de ações de solução. (PEREZ et. Al., 2016)

Figura 4: Modelo Diagrama de dispersão



Fonte: adaptação de Kirchner (2014)

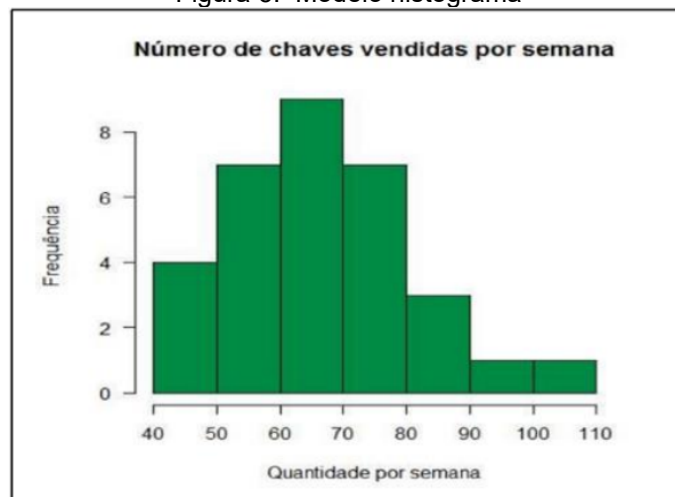
2.2.5 Histograma

Daniel e Murback (2014) contam que o Histograma foi desenvolvido em 1833 por Guerry para realizar uma análise dos crimes de Paris. Hoje, o histograma é utilizado em diversas áreas para representar a frequência de variação de um processo.

“O histograma é um gráfico de barras em que no eixo horizontal é subdividido em diversos intervalos pequenos, que apresenta os valores determinados de uma variável de interesse” (WERKEMA, 2006 Apud PEREZ, 2016). “Cada barra é construída em intervalos pequenos e com a proporção com que o intervalo ocorre, isto facilita a percepção do valor central como também a visualização da forma de distribuição de dados” (TRIVELLATO, 2010 Apud PEREZ, 2016).

Daniel e Murback (2014) também explicam que o histograma pode ser utilizado para identificar a quantidade de produto não conforme, a dispersão dos valores de medida de uma peça, entre outras aplicações, trazendo algumas vantagens rápidas como a análise visual comparativa entre dados em uma sequência histórica, e a elaboração rápida de um gráfico que pode ser construído em diversas ferramentas acessíveis.

Figura 5: Modelo histograma



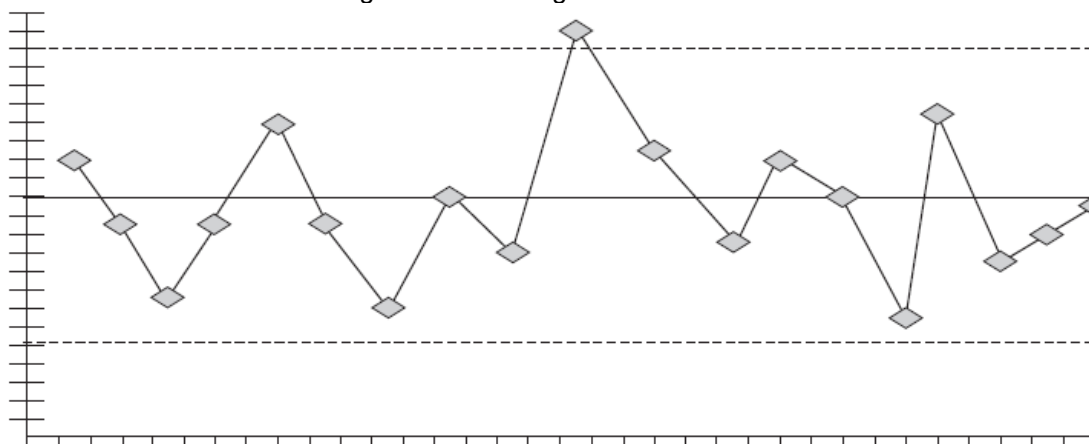
Fonte: Araujo, Lucas e Feliciano (2018) Apud Souto (2021)

2.2.6 Carta de controle / gráficos de controle

De acordo com Werkema (2006) citado por Perez et al. (2016) “todo bem tangível ou intangível, ao ser elaborado e/ou confeccionado, possui uma variação decorrentes do processo. Sabe-se que essas variações devem ser estritamente reduzidas.

Desta forma, os gráficos de controle, ou carta de controle, são utilizados para avaliar se um processo está ou não sob controle, de acordo com os limites especificados, controlando o grau de variabilidade do processo como um todo. Para essa análise, são utilizados métodos estatísticos a fim de identificar as mudanças do processo baseando-se em dados amostrais.

Figura 6: Modelo gráfico de controle



Fonte: Paladini (2019)

2.2.7 Folha de verificação

De acordo com Carpinetti (2012), referenciado por Souto (2021), a folha de verificação é uma ficha com informações requisitadas já impressas para coleta de informações de classificação de defeitos, ou para distribuição de itens de controle com limites já especificados.

Carpinetti (2010) e Montgomery (2009) citados por Perez et al. (2016) explicam que a folha de verificação precisa estar completa para garantir uma coleta de dados eficaz, estar especificado claramente o dado que precisa ser coletado, a operação a ser executada, a data, o responsável, e quaisquer outras informações úteis para identificação do desvio procurado.

Figura 7: Modelo folha de verificação

PRODUTO: TELHA				DATA: 13/06/2018		
TOTAL INSPECIONADO: 672				TURNO: MANHÃ		
SETOR	EXTRUSORA			ESTUFA	FORNO	TOTAL
DEFEITOS	OPERADOR					
	A	B	C			
IMPUREZA	//	-	-	-	-	2
FALHA	//	-	/	-	-	3
OPERADOR	//	-	-	/	-	3
EMPENADA	-	-	-	##### #####	-	61
QUEBRA	-	-	-	-	###	10
2ª LINHA	-	-	-	-	##### ##### #####	101
TOTAL	6	-	1	62	##### ##### ##### #####	180

Fonte: Filho (2017) Apud Souto (2021)

2.3 Análise de problemas complexos

Paris (2003) explica que quando se foca em problemas de qualidade em indústrias, pode-se considerar que qualquer organização tem problemas e que problema é um resultado indesejado de um processo, exigindo um aprimoramento das competências do profissional na análise de problemas e tomada de decisão. Para aperfeiçoar o conhecimento desses profissionais, surgem técnicas e ferramentas da qualidade, com o intuito de identificar esses resultados indesejáveis e auxiliar na tomada de decisão.

A complexidade das atividades organizacionais vem crescendo, e conseqüentemente o aumento do grau de dificuldade dos problemas a serem

resolvidos, dificultando a resolução por uma única pessoa, ou seja, se faz necessário uma equipe multidisciplinar para trabalhar na solução de problemas (LUCINDA, 2010).

Paris (2003) relata que existem muitas ferramentas e métodos de qualidade para análise e solução de problemas corriqueiros e inerentes de causas normais. Essas podem ser facilmente solucionadas como por exemplo com a implementação das 7 ferramentas da qualidade, com o julgamento do engenheiro ou da equipe (*brainstorming*), com controles estatísticos do processo, entre outras alternativas de solução de problemas de qualidade. Entretanto, quando tratamos de problemas crônicos que se estendem por meses ou até anos, frequentemente evidencia-se o uso da intuição como método de identificação de problemas, causando prejuízos às organizações, já que, somente as técnicas tradicionais, não se fazem suficientes.

Bothe e Bothe (2000) explica que cientistas comportamentais indicam que os conceitos de time e trabalho em equipe sejam utilizados uma vez que é excelente para garantia do êxito das organizações, também exemplifica alguns nomes que os Japoneses utilizam para intitular esses times, como Kaizen, Círculos de Controle de Qualidade (CCQ), entre outros. Entretanto, para solucionar problemas crônicos, os profissionais do grupo de atuação ainda precisam de ferramentas robustas, caso contrário, podem não atingir o resultado esperado e se frustrar.

Os trabalhos em melhorias da qualidade em indústrias são, na maioria dos casos, focados na redução da variação de processos. A fim de aproveitar as oportunidades emergentes, as organizações estão investindo em tornar seus processos mais robustos, uma vez que a variação de um processo é um fator crítico da estabilidade do resultado e do custo final do segmento como um todo. Com isso, a redução da variação é o primeiro requisito da produção zero defeitos. Essa redução da variação pode ser feita de duas formas, sendo a primeira a identificação e controle da causa raiz do desvio, e a segunda diminuir a sensibilidade da variação na fonte de variabilidade. Para ambos os casos é necessária uma metodologia eficiente para o estudo de sistemas complexos de manufatura (AICHAIL et al., 2017).

2.4 Metodologia *Shainin*

A metodologia *Shainin* foi constituída entre as décadas de 50 e 90 pelo estudo e desenvolvimento de Dorian Shainin, o qual trabalhou durante anos na resolução de

problemas industriais. Conforme explica Abrantes (2017), a metodologia pode ser dividida em duas fases, sendo primeiramente a fase do diagnóstico, que engloba desde a identificação da falha até a descoberta da causa raiz, e posteriormente a fase da correção, na qual ocorre a implementação de uma solução eficaz para a falha detectada.

Dorian Shainin incluiu várias técnicas, tanto conhecidas quanto inovadoras, na estratégia de passo a passo para melhoria em indústrias. Apesar dessas ferramentas robustas, ele considerou o DOE, do inglês *Design of Experiments* (design de experimentos), a peça central de seu estudo (AICHAIL et al., 2017, tradução própria).

Lye (2005, tradução própria) define o DOE como uma metodologia para aplicação estatística sistemática de experimentos, ou seja, uma série de testes nos quais são feitas mudanças propositalmente nas variáveis de entrada do processo, para assim ser possível a observação e identificação da razão dessas mudanças (causa raiz) na resposta de saída. Além disso, *Shainin* cita que o DOE não é limitado para aplicação somente por profissionais, mas que também pode ser uma ferramenta utilizada por toda a fábrica para resolução de problemas (AICHAIL et al., 2017, tradução própria).

Tanco et Al. (2008, tradução própria) mostra que a estratégia DOE de *Shainin* é baseada em três tópicos, sendo o primeiro deles o Princípio de Pareto. Dentre tantos fatores candidatos, um único será a causa raiz responsável pelo desvio Y. Essa causa raiz é chamada de *Red X®*, a qual pode ser uma variável isolada, ou a interação de outras duas variáveis separadas. Nesse caso pode existir uma segunda ou terceira causa significativa, chamadas de *Pink X®* e *Pale Pink X®*, respectivamente.

Abrantes (2017, p.4, tradução própria) descreve a abordagem de identificação da causa raiz de acordo com a metodologia *Shainin* dizendo que “*Shainin* diferencia-se da metodologia tradicional de resolução de problemas devido à sua abordagem convergente para a identificação da causa raiz, designado de Efeito a Causa (Y a X)”

Abrantes (2017) esclarece que é estritamente necessário entender o efeito (conhecido na metodologia *Shainin* por *Output Y* ou *Green Y®*) para garantir sucesso nessa abordagem, e para que se entenda bem o efeito é essencial conhecer primeiramente o produto e o processo. Com isso, através de uma estratégia progressiva e convergente, torna-se possível a identificação das causas-raiz (Xs), e consequentemente eliminar as causas potenciais do desvio (*Red X®, Pink X®..*)

O estudo do *Red X*® é o que rege a metodologia, posto que *Shainin* entende que existem diversas causas potenciais causadoras da falha em análise, mas sempre existe uma causa dominante, a qual pode ser encontrada através da aplicação do diagrama de Pareto (ABRANTES, 2017, tradução própria).

De acordo com Tanco et al. (2008) o segundo tópico no qual a estratégia DOE de *Shainin* se baseia é a objeção que o autor faz ao uso da técnica fracionária fatorial. *Shainin* propõe identificar e reduzir, a partir de diagnósticos, a maioria das fontes de variação até que chegue em um número controlável (três ou quatro possíveis *Red X*®).

O último tópico que Tanco et al. (2008) menciona como base para a metodologia *Shainin* é o desenvolvimento da ferramenta *Paired Comparison* (Comparações Emparelhadas). Na experimentação e descoberta do *Red X*®, que nada mais é do que a principal causa raiz da falha, *Shainin* desenvolve uma técnica conhecida como “*talking to the parts*” do inglês “falando com as partes”, essa ferramenta, chamada de *Paired Comparison* faz a seleção de seis a oito peças consideradas boas e a mesma quantidade de peças consideradas ruins, conforme explica Bhote (2000). Os autores afirmam que a ferramenta “fornece um alto nível de confiabilidade (90 por cento ou melhor) quando um parâmetro ou uma característica de qualidade associada à peça é declarada como importante”.

Shainin explica também que o maior conhecimento não está nos engenheiros, mas sim nas “partes” do produto e processo: “nós conversamos com as partes. As partes e o processo são mais inteligentes que os engenheiros!” (tradução própria), *Shainin* esclarece que a ideia não é desvalorizar o conhecimento do engenheiro, pelo contrário, ele menciona que esse conhecimento é necessário, mas na descoberta da causa raiz de um problema é importante deixar os conhecimentos, técnicas e adivinhações de lado em um primeiro momento até que se obtenha indicações plausíveis de possíveis causas raiz (BOTHE e BOTHE, 2000).

“Primeiro, converse com as partes. Depois, converse com os trabalhadores com contato direto com o desvio. E por fim, o método menos produtivo é conversar com os engenheiros” (tradução própria, BOTHE e BOTHE, 2000).

Shainin enxergou suas ideias como intelecto de propriedade privada, na qual ele venderia seu conhecimento para ajudar seus clientes a conseguir vantagens competitivas. Como a metodologia *Shainin* é uma marca registrada legalmente

protegida, é improvável obter uma visão completa da abordagem sem o acesso ao curso. (TANCO et al., 2008)

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta os passos abordados de maneira sintetizada para o desenvolvimento desta pesquisa, como a modelagem do estudo, a metodologia abordada, a formulação e descrição do problema, além de uma breve introdução sobre o processo estudado na unidade-caso.

3.1 Metodologia da Pesquisa

O estudo foi modelado pela pesquisa descritiva uma vez que o objetivo geral do projeto é apresentar a aplicação de ferramentas da metodologia em estudo no contexto de um desvio encontrado na empresa na qual a autora trabalha. Gil (2002) apresenta a pesquisa descritiva com o propósito de detalhar as características de populações e de fenômenos, sendo, nesta pesquisa, acompanhada pela coleta de dados, os quais trazem ao final do estudo um resultado qualitativo e analítico.

Nesta pesquisa foi utilizada a metodologia do estudo de caso para gerar as conclusões. Optou-se pelo estudo de caso pela possibilidade de descrever o contexto analisado e aprofundar nos acontecimentos e efeitos da investigação. Gil (2002) aponta como propósito do estudo de caso o de permitir uma visão ampla do problema investigado e identificar os possíveis fatores que influenciam o problema, ou são influenciados por ele.

Conforme explica Gil (2002) os resultados de uma pesquisa baseada na metodologia de estudo de caso normalmente são apresentados abertamente, isso significa que não é feita uma afirmação conclusiva, mas sim hipóteses e apresentações às quais ficam à interpretação e avaliação individual do leitor.

Para um amplo conhecimento do assunto trabalhado no estudo foi utilizada a pesquisa bibliográfica, apresentada por Gil (2002) como uma pesquisa desenvolvida com base em materiais previamente elaborados e constituídos sobretudo de livros e artigos científicos. Gil (2002) também aponta a principal vantagem da pesquisa bibliográfica sendo: “permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”.

A pesquisa bibliográfica permitiu uma descrição das ferramentas de qualidades conhecidas e amplamente estudadas em diversas empresas, as quais são utilizadas em problemas de causas normais, ou seja, causas de fácil entendimento. Além disso,

pode trazer um esclarecimento na importância da utilização de uma ferramenta de descoberta de causa raiz mais aprimorada e específica para problemas complexos e/ou causados por fatores especiais (como a falha apresentada no contexto a ser analisado).

A metodologia Shainin, apresentada na pesquisa bibliográfica, foi utilizada ao longo da descoberta da causa raiz no estudo de caso e contou com uma consultoria feita na empresa onde o estudo é aplicado. Dessa forma, a autora da pesquisa teve contato com ferramentas da metodologia, possibilitando a pesquisa.

A formulação do problema consiste na etapa inicial da pesquisa. Gil (2002) descreve que, em estudos de caso, a formulação do problema geralmente sustenta uma ampla pesquisa bibliográfica provinda de fontes adequadas e processos de estudo e reflexões do tema.

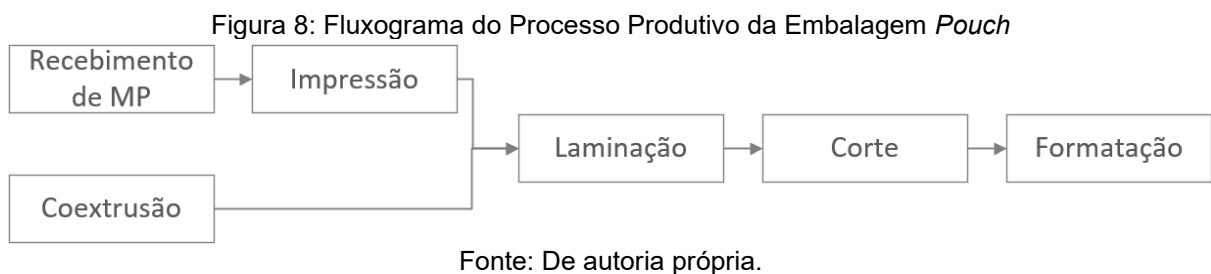
A descrição do problema foi realizada a partir da identificação da necessidade de resolução de uma falha apresentada na empresa na qual a autora trabalha, onde foram aplicadas ferramentas da metodologia em análise. Este se deu na dificuldade encontrada na resolução do problema envolvendo a empresa e um de seus clientes, na qual a causa raiz do desvio não era de claro entendimento para ambas as companhias.

A unidade-caso de um problema foi referida por Gil (2002) como um indivíduo num contexto definido, podendo ser classificada como espacial, quando se trata de um ambiente e/ou indivíduo fixo, ou temporal, quando são estudados episódios isolados. A unidade-caso utilizada nesta pesquisa é um evento de falha num processo pré-existente, sendo este, o vazamento do produto posto na embalagem *Stand Up Pouch* onde a causa raiz não era conhecida.

O episódio se deu em uma indústria do ramo de embalagens, a qual atua em diversos países sendo uma das empresas de maior reconhecimento na área. Ela desenvolve e produz embalagens flexíveis, recipientes rígidos, caixas especiais, tampas e serviços para alimentos, bebidas, farmacêuticos, dispositivos médicos, cuidados domésticos e pessoais, e outros produtos.

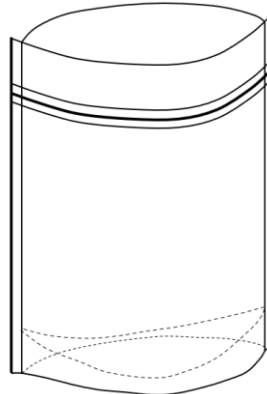
A indústria estudada é do segmento de embalagens flexíveis, a qual é separada em 5 grandes processos representados na Figura 8. A coextrusão é uma primeira etapa do processo produtivo, nela é feita a extrusão plástica em camadas resultando em uma bobina de filme liso. Paralelo a isso é feito o recebimento de substratos, como o PET que passa pelo processo de impressão, onde é feita a aplicação de tinta em

colunas e formanda a arte da embalagem. Os materiais se encontram então na etapa de laminação, onde é feita a laminação de substratos, como PET ou Alumínio por exemplo, pela aplicação de adesivo, neste caso, é feita a laminação do PET impresso com o filme liso extrusado. No corte o material é convertido em bobinas menores conforme a largura da embalagem e/ou conforme negociação do cliente. Por fim, as bobinas são direcionadas para o setor de formatação de *pouch* onde o filme passa por processos de dobras e selagens consecutivas as quais transformam o material em diversas unidades de embalagens *Stand Up Pouch*. O estudo de caso advém de uma pesquisa realizada no setor de formatação de *pouch*.



A embalagem *Stand Up Pouch* é uma embalagem flexível cuja principal vantagem de se manter em pé quando envasada com seu produto, mas além disso, é uma embalagem leve e econômica. Para produção de uma embalagem *pouch*, é necessário que seja previamente produzido duas bobinas isoladas, sendo uma delas responsável pela frente e pelo verso da embalagem, e outra caracterizada por um filme liso que se transforma no fundo da embalagem *pouch*.

Figura 9: Esquema Técnico da Embalagem *Pouch*



Fonte: De autoria própria (2022).

O desvio estudado envolveu a planta industrial citada e um cliente de produtos de “*home care*” (produtos de cuidados para casa) que recebe a embalagem *pouch*

para envasar seu produto.

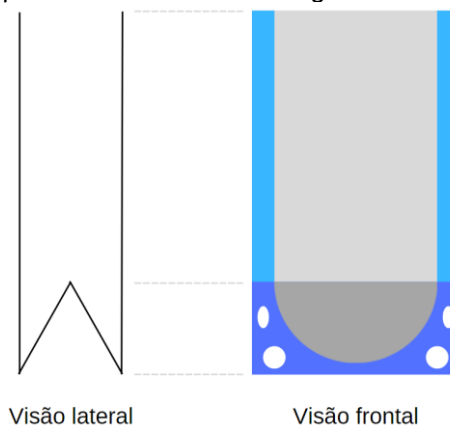
A máquina responsável por converter as bobinas de filme na embalagem com formato de *pouch* para o consumo na máquina de envase no cliente, é conhecida por "*bag machine dual pack*" e pode ser destrinchada em quatro etapas principais.



Fonte: Site da Totani adaptado pelo autor.

A primeira etapa indicada na imagem é a alimentação da máquina, onde a bobina é carregada na desenroladeira; A segunda etapa é responsável pelo posicionamento da bobina de fundo do pouch e onde acontece uma primeira solda longitudinal originadora da parábola do pouch (representado em azul escuro na Figura 11).

Figura 11: Esquema Técnico da Embalagem *Pouch* Frente e Lateral



Fonte: De autoria própria (2022).

Na terceira etapa acontecem as soldas transversais (representado em azul claro na Figura 11) encarregadas de fechar as laterais do *pouch*. Na quarta e última etapa da máquina acontece o corte individual do *pouch* separando-os, e é feita a contagem das unidades para alocação nas caixas.

Ao final do processo, são feitos testes de qualidade em máquina para garantir que o material está em condições satisfatórias para o cliente, dentre esses testes é feita a medição de diversos pontos e soldas do *pouch*, é feito um teste de compressão para garantir que o material resiste à pressão especificada, testes de resistência da solda inferior (solda da parábola), teste de queda da embalagem envasada para identificar se existe vazamento quando se choca contra o chão (conhecido como *drop test* ou “teste de queda” em português), e a utilização de um composto corante para identificar se a solda falha em algum ponto específico.

4 RESULTADOS

Este capítulo descreve os resultados obtidos neste estudo apresentando a abordagem e raciocínio de resolução tomada pela metodologia *Shainin* e o histórico de aplicações das ferramentas da metodologia no caso estudado.

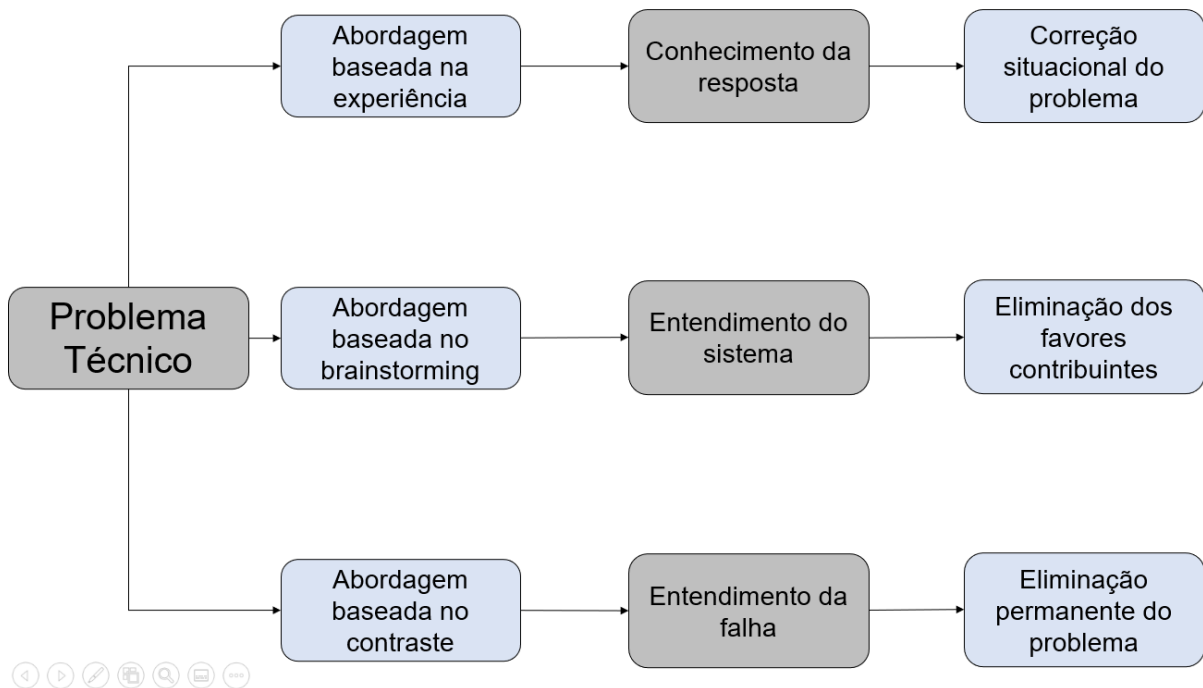
A metodologia *Shainin* separa as ferramentas de resolução de problemas entre três abordagens diferenciadas, sendo elas: abordagem pela experiência, focada no *brainstorming*, e por contraste. A primeira delas é a resolução de um problema baseado no julgamento do especialista considerando sua carga de conhecimento, isso significa que, quando o problema for identificado, o especialista tomará a decisão do melhor caminho para resolver tal situação. Essa decisão pode ser resolvida com sucesso, entretanto existe a possibilidade de a situação ser diferente do que já era conhecido pelo especialista e a abordagem se torne “tentativa e erro”, podendo então ter uma duração longa.

A abordagem focada no *brainstorming* reúne uma equipe capacitada no assunto observando as relações já existentes e listando as possíveis soluções. Assim como a primeira abordagem apresentada, esta também assume o risco de a causa raiz não ter sido pontuada no *brainstorming* e o problema não ser resolvido como esperado, ou o risco de aplicar muitas mudanças sem saber qual delas realmente foi responsável pela eliminação do problema.

Ambas as abordagens seguem um raciocínio de investigar as causas potenciais (Xs) e encontrar seus efeitos (Ys), ou seja, caminhar das causas para os efeitos (do X para Y, como representado pela metodologia). Já a terceira abordagem estuda os efeitos existentes (Ys) e procura contraste entre uma situação de sucesso e uma situação de fracasso, ou seja, a situação com o problema existente, e a partir da avaliação de ambos os casos identifica a causa de contraste entre eles, sendo esta uma possível causa raiz do problema. Com isso, entende-se que a abordagem por contraste caminha dos efeitos para as causas, do Y para o X, ao contrário das abordagens explicadas anteriormente.

A Figura 12 apresenta essas abordagens e suas respectivas consequências pós implementação.

Figura 12: Abordagens de resolução de problemas



Fonte: Adaptado de Introduction to Shainin & Red X® Problem Solving

Na identificação do contraste entre uma situação de sucesso e uma situação de fracasso, a metodologia *Shainin* representa o contraste com a utilização do BOB e WOW. BOB vem do inglês “*best of best*” que significa “melhor dos melhores” representando uma amostra e/ou situação de sucesso, sem desvio. Já WOW vem do inglês “*worst of worst*” que significa “pior dos piores”, sendo este, a representação de uma situação de fracasso, a qual apresenta claramente o desvio estudado.

Kosina (2015) explica que para a implementação da metodologia *Shainin* existe um roteiro de solução de problemas chamado de FACTUAL. Os sete passos do roteiro FACTUAL podem ser subdivididos em duas partes. Os primeiros quatro passos subsequentes são chamados de Foco, Abordagem, Convergência e Teste, estes fazem parte da etapa de diagnóstico do problema. Os três passos seguintes são Entendimento, Aplicar e Alavancar, as quais fazem parte da etapa corretiva do desvio. O Quadro 1 apresenta as sete etapas do roteiro FACTUAL:

Quadro 1: Roteiro FACTUAL

Etapa do Roteiro	Passo	Detalhamento do passo
F	Foco	Definição do problema
A	Abordagem	Desenvolvimento do <i>Green Y</i> [®] : Investigação do <i>Green Y</i> [®] , definição da estratégia e consolidação de um sistema de medição efetivo
C	Convergência	Execução da estratégia com a definição do BOB e WOW
T	Testar	Confirmação do <i>Red X</i> [®] a partir de testes
U	Entendimento (<i>Understanding</i>)	Mapeamento da relação entre o <i>Red X</i> [®] e o <i>Green Y</i> [®] a fim de entender e controlar o <i>Red X</i> [®]
A	Aplicar	Aplicar as ações corretivas, monitorando o <i>Green Y</i> [®] e atualizar os procedimentos
L	Alavancar	Entender o ganho do projeto, aplicar a estratégia em problemas similares, estender o conhecimento.

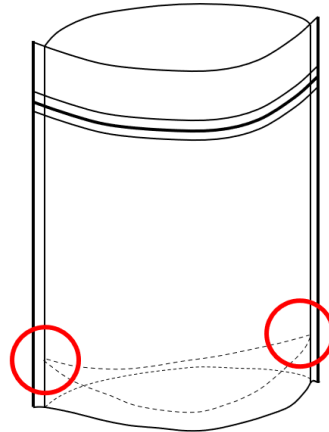
Fonte: Adaptado de Kosina (2015).

O caso estudado nesta pesquisa será apresentado seguindo o raciocínio da abordagem FACTUAL.

4.1 Foco

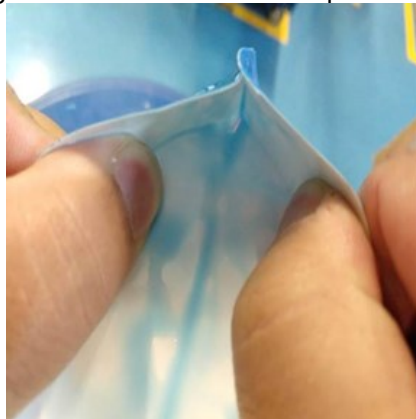
O desvio identificado pelo cliente foi um vazamento no ponto de encontro triplo das soldas (denominado de ponto tríplice), onde é feita a junção da solda transversal com a solda longitudinal e a dobra da sanfona do fundo do *pouch*. A Figura 13 representa o ponto tríplice e a Figura 14 e 15 mostram o desvio encontrado pelo cliente.

Figura 13: Identificação do ponto tríplice na embalagem pouch



Fonte: De autoria própria (2022).

Figura 14: Desvio encontrado pelo cliente



Fonte: De autoria própria (2022).

Figura 15: Desvio encontrado pelo cliente



Fonte: De autoria própria (2022).

Inicialmente a falha foi identificada no cliente logo após o recebimento do material, onde é feito o *drop test* a 1 metro de altura pelo próprio controle de qualidade do cliente, ou a falha acaba sendo identificada na própria máquina de envase do cliente, causando paradas de máquina e contaminação do produto pela máquina. Em

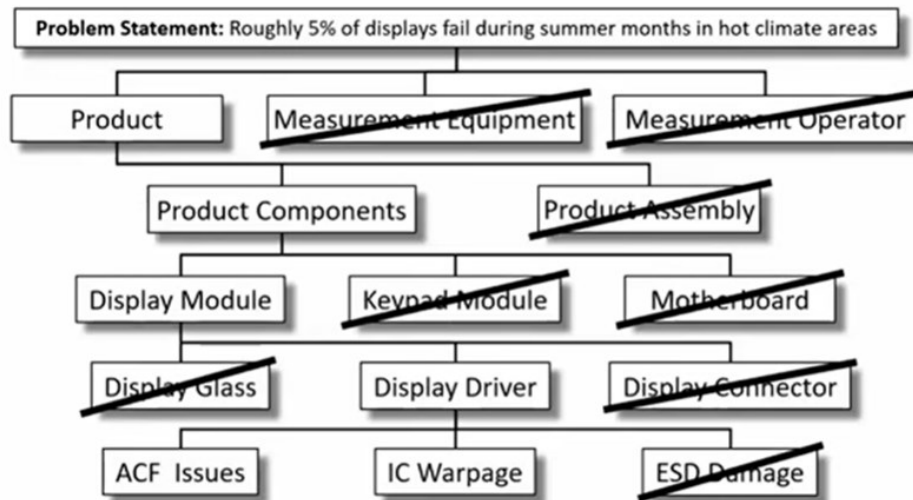
um período de 4 meses foram observadas 31 ocorrências da falha com o mesmo comportamento, e mais de 48 toneladas de material devolvido. Os casos foram reportados como não conformidades formais no sistema da empresa, e a situação resultou em um prejuízo considerável tanto para a empresa produtora da embalagem, quanto para a empresa que recebe o material, seu cliente direto.

A empresa trabalhou com diversos recursos a fim de encontrar o motivo da sequência de vazamentos relatados. Juntou equipes de trabalho integral para realizar o *drop test* em materiais de diferentes condições e diferentes estruturas utilizadas no filme da embalagem, na busca de encontrar o motivo dos eventos. Entretanto, durante esses 4 meses de tentativas, não obtiveram muita evolução no assunto, além de arcarem com os prejuízos do cliente, e de todos os recursos e materiais utilizados nos estudos.

4.2 Abordagem

A busca progressiva e a estratégia convergente são abordagens características do sistema *Shainin* na identificação das possíveis causas-raiz. Kosina (2015) explica que, para melhor entendimento do problema, a abordagem de eliminação de possíveis causas e aproximação do *Red X*® é definida e mapeada por uma ferramenta chamada Árvore de Definição do Projeto, do inglês “*Solution Tree*”. Essa ferramenta, do ponto de vista de documentação, é um registro ‘vivo’, sendo atualizado na conclusão de cada passo durante o projeto de resolução do problema. A Figura 16 apresenta um exemplo de aplicação da Árvore de Definição do Projeto.

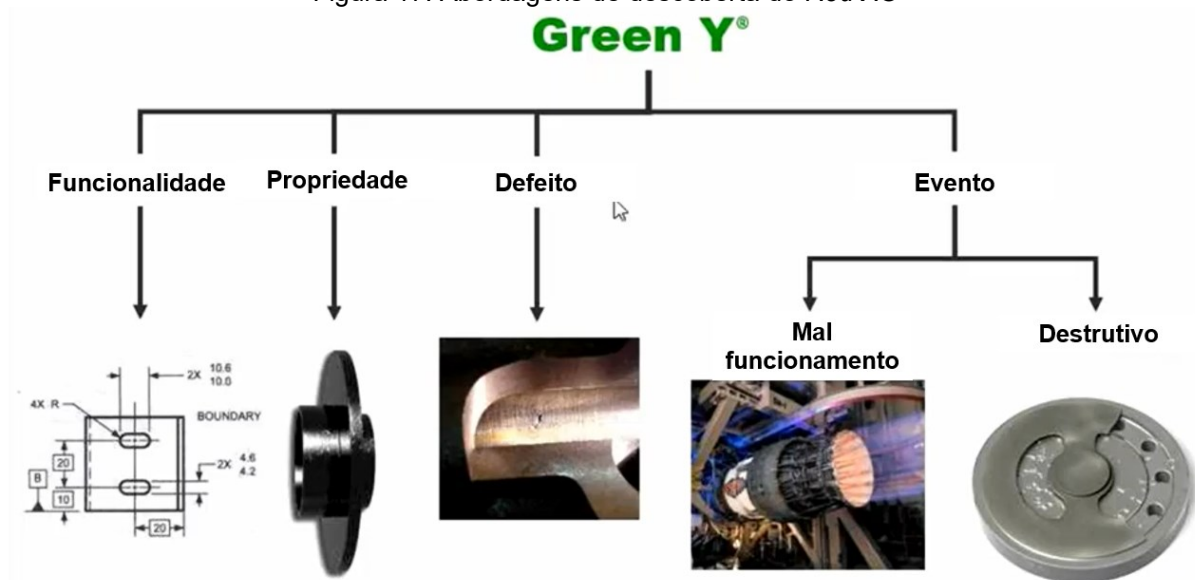
Figura 16: Exemplo Árvore de Definição do Projeto



Fonte: Print screen do vídeo Virtual Meeting July 14, 2020 - An Overview of Shainin Methods

A Árvore de Definição do Projeto se inicia pelo entendimento do *Green Y*® e definição da abordagem a ser tomada. ASQ Blue Ridge Section 1108 (2019) explica que os problemas técnicos podem seguir diferentes abordagens de resolução dependendo da classificação em que o *Green Y*® se encaixa. A Figura 17 mostra que dentre essas classificações são mencionadas a Funcionalidade, Propriedade, Defeito, Evento de Mal Funcionamento e Evento Destrutivo.

Figura 17: Abordagens de descoberta do *Red X*®

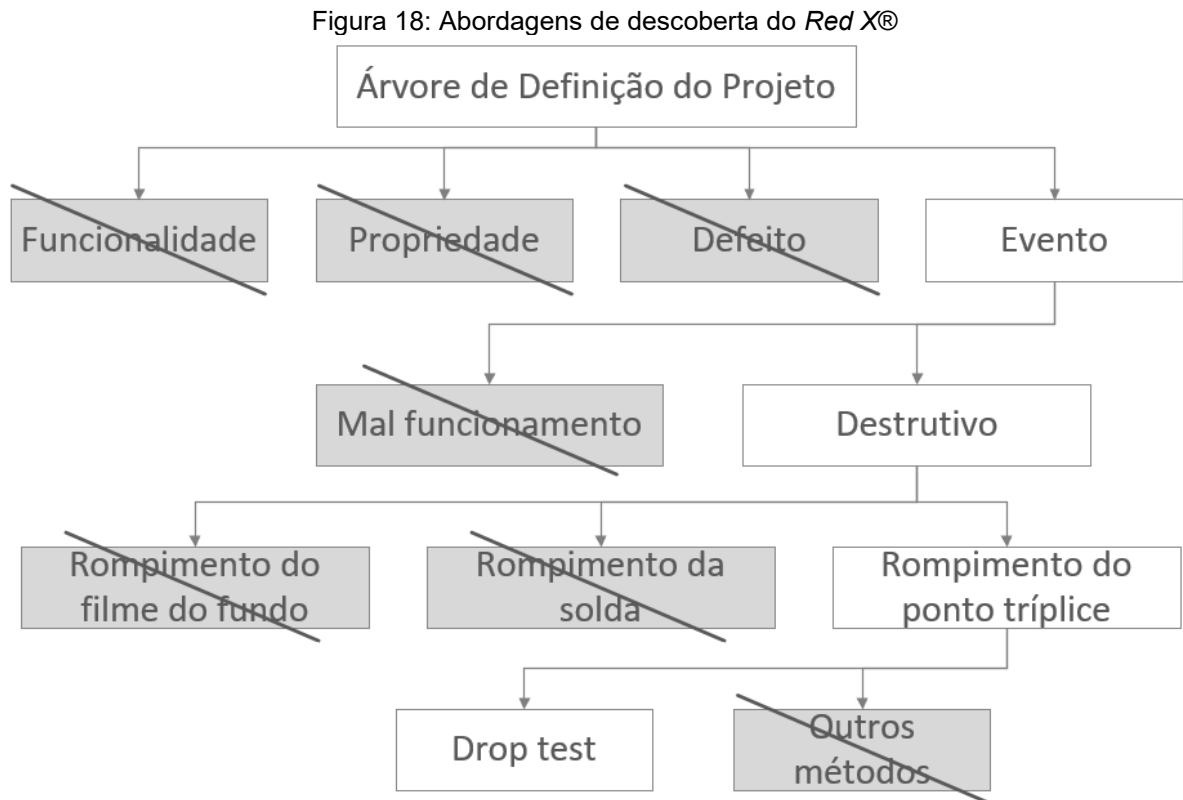


Fonte: Adaptado de Introduction to Shainin & Red X® Problem Solving

No caso estudado a falha é classificada como um Evento Destrutivo uma vez que o vazamento do *pouch* é identificado quando existe o rompimento do material, o

qual depende do evento do *drop test* para se apresentar.

A Árvore de Definição do Projeto apresentada na Figura 18 mostra que o desvio é classificado como um evento destrutivo, caracterizado pelo rompimento do ponto tríplice quando submetido ao teste de queda (*drop test*).



Fonte: De autoria própria (2022).

Para análise do desvio é necessário primeiramente entender qual a variação encontrada, para isso, a metodologia *Shainin* utiliza a ferramenta *Isoplot*, uma ferramenta gráfica utilizada para comparar o tamanho relativo da variação do processo e da variação do sistema de medição. Avaliando essa etapa da metodologia a equipe que trabalhou no estudo de caso entendeu que existia uma brecha no método de medição, já que a variável avaliada no desvio era binária (ou existe vazamento no ponto tríplice ou não existe). Além disso, o evento de surgimento da falha, o *drop test*, não possui um sistema de medição de força de impacto. ASQ 1510 (2020), comenta que o *Green Y*® precisa ser definido e quantificado, entretanto no caso estudado o *Green Y*® havia sido definido, mas não possuía uma forma efetiva de quantificá-lo. Com isso, a equipe passou a trabalhar primeiramente no desenvolvimento de um sistema de medição eficaz para classificação do *Green Y*®.

A equipe de trabalho entendeu que seria necessária uma medição de força aplicada no *pouch* para quantificar em que força existe o rompimento do ponto tríplice. Com isso, foi utilizado um equipamento de compressão, o qual possui um dinamômetro medindo o esforço aplicado no *pouch*. A Figura 19 mostra o equipamento de compressão utilizado, neste, o *pouch* é posicionado entre as chapas e comprimido conforme comando do operador via pressionamento do botão. Durante a compressão o dinamômetro representado na Figura 20 apresenta a pressão aplicada em quilogramas.

Figura 19: Fotografia frontal da máquina de compressão



Fonte: De autoria própria (2022).

Figura 20: Fotografia dinamômetro da máquina de compressão



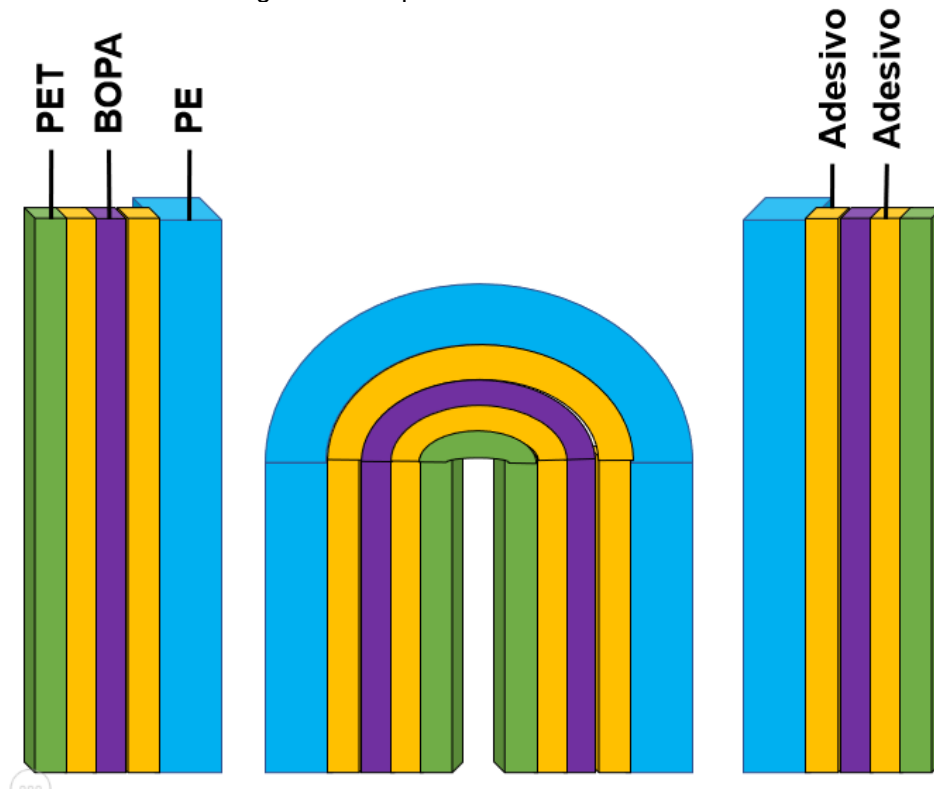
Fonte: De autoria própria (2022).

Para testar o método de medição foram utilizadas amostras classificadas como ruins pelo cliente e amostras classificadas como boas para identificar a força

necessária para obter o vazamento em cada uma das amostras. Durante os testes, foi possível classificar níveis graduais do desvio de acordo com a ruptura observada no ponto tríplice.

A estrutura do filme do *pouch* é composta (conforme Figura 21) por um filme de Polietileno Branco, ou PE branco representado em azul na Figura 21, laminado em um filme de Poliamida Biorientada, conhecida como BOPA e destacado em roxo na Figura 21, e este laminado em um filme de Poliéster, conhecido como PET e representado em verde na Figura 21. A laminação está representada em laranja na Figura 21. A solda para formatação do *pouch* é feita entre os filmes de PE do fundo com os filmes de PE da frente e verso do *pouch*.

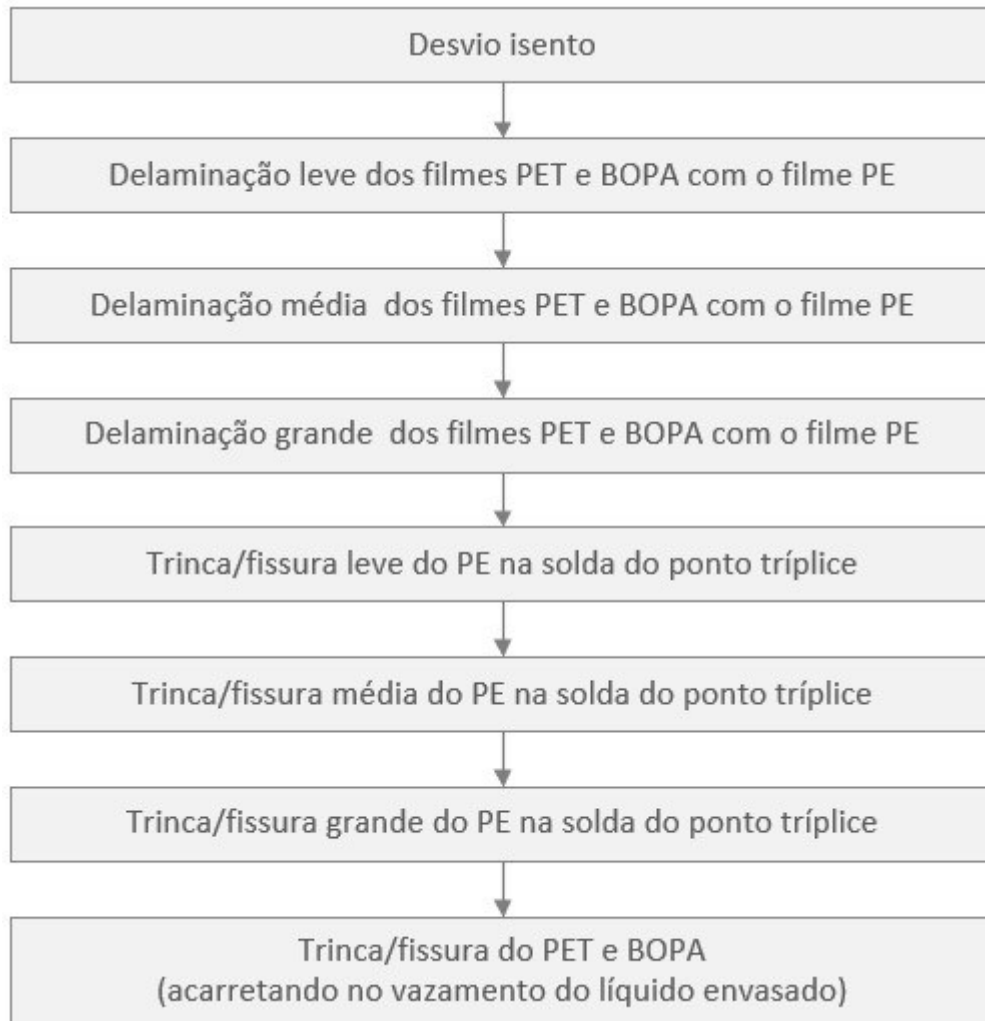
Figura 21: Esquema da estrutura do filme



Fonte: De autoria própria (2022).

Durante o desenvolvimento da sistemática de medição da compressão do *pouch* foi identificado que o desenvolvimento da falha acontece progressivamente apresentando inicialmente uma delaminação entre o BOPA e o filme PE branco e posteriormente a fissura do PE no ponto tríplice, tornando possível a visualização do líquido envasado, já que o PET e o BOPA são transparentes. O fluxo a seguir apresenta detalhadamente cada etapa do teste de compressão.

Figura 22: Fluxograma de classificação do teste de compressão



Fonte: De autoria própria (2022).

Para registro dos testes foi feito um gabarito padrão de preenchimento contendo as etapas apresentadas no fluxograma e registrando o status do ponto tríplice dos lados direito e esquerdo do *pouch*. A escala de compressão é feita em intervalos de 20 quilogramas conforme a Figura 23:

Figura 23: Representação do gabarito do teste de compressão

Data	Caixa:													
Ordem	Classe:													
Força (KG)	Esquerda							Direita						
	ok	DL	DM	DG	TL	TM	TG	ok	DL	DM	DG	TL	TM	TG
0														
20														
40														
60														
80														
100														
120														
140														
160														
180														
200														
220														
240														
260														
280														
300														
320														
340														
360														

Legenda:
ok: Filme liso sem delaminação
DL: Delaminação Leve
DM: Delaminação Média
DG: Delaminação Grande
TL: Trinca Leve
TM: Trinca Média
TG: Trinca Grande

Fonte: De autoria própria (2022).

O novo sistema de medição desenvolvido trazia um resultado de acordo com o comportamento do ponto tríplice em relação à força aplicada no *pouch*. Em amostras que apareciam trincas com baixas cargas aplicadas (abaixo de 100 kg) o material era considerado rejeitado, já em amostras que trincavam com alta pressão ou chegavam à 360 kg de pressão e não apresentava trinca, o material era considerado aprovado.

O parâmetro de 100 kg foi determinado pela aproximação do valor de força aplicada durante o *drop test* de 1 metro de altura, o qual era reprovativo caso existisse vazamento durante o teste no cliente.

4.3 Convergência

Bothe e Bothe (2000) abordam a jornada para o *Red X®* explicando que os primeiros passos são a definição e quantificação do problema, isso significa que as etapas iniciais da metodologia *Shainin* consiste em elaborar um *Green Y®* que seja representativo para o desvio e garantir um método de análise robusto e confiável. Tendo esses dois estágios concluídos, passa-se então a trabalhar em cima da descoberta das causas raiz do problema.

A estrutura de estudo de causa raiz na metodologia *Shainin* se baseia no

princípio de Pareto, afirmando que poucas causas produzem a porcentagem preponderante de um efeito, isso significa que um problema crônico não possui uma única causa, mas sim uma sequência de causas com pesos de influência diferentes no *Green Y*[®]. Esta é a lei “20-80”, que afirma que 20% ou menos das causas produzem 80% ou mais de um determinado efeito.

Para melhor entendimento da ferramenta Pareto utilizada dentro da metodologia *Shainin*, a Quadro 2 traz alguns termos utilizados no princípio:

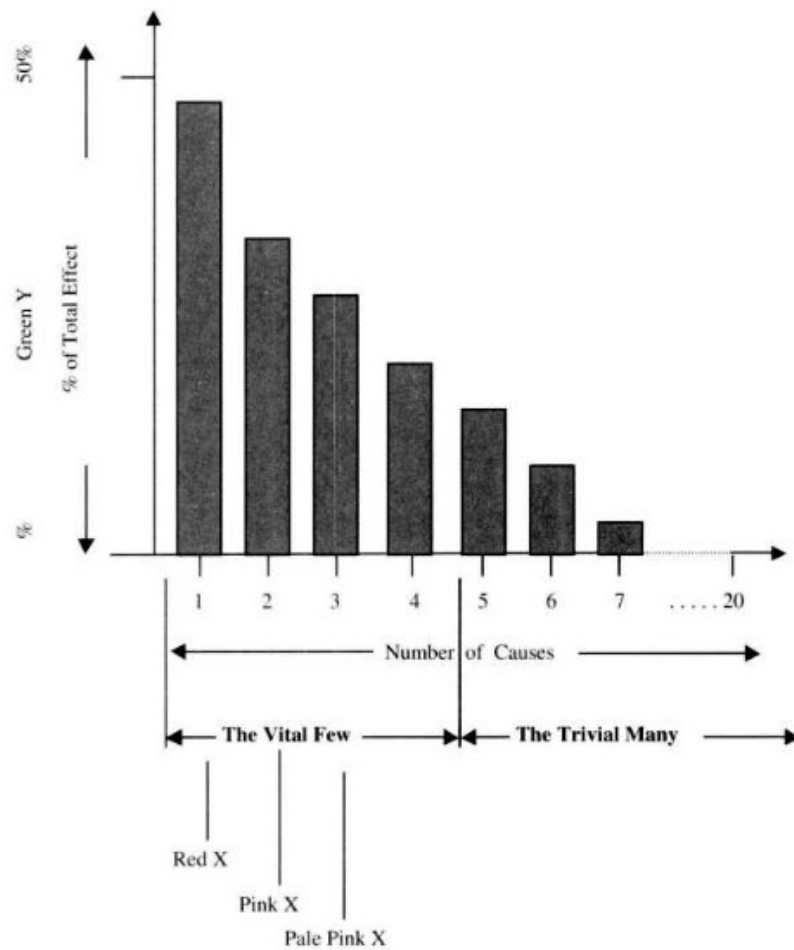
Quadro 2: Termos da metodologia *Shainin*

Termo	Explicação
<i>Green Y</i> [®]	Efeito do desvio. Representa a magnitude do problema.
<i>Red X</i> [®]	A causa dominante ou a 1 ^a causa do problema. Geralmente, representa por volta de 50% do total do efeito (<i>Green Y</i> [®]).
<i>Pink X</i> [®]	A segunda causa de maior impacto. Costuma representar de 20 a 30% do <i>Green Y</i> [®] .
<i>Pale Pink X</i> [®]	A terceira causa de maior impacto. Costuma representar de 10 a 15% do <i>Green Y</i> [®] .

Fonte: De autoria própria (2022).

A Figura 24 apresenta um esquema gráfico do Princípio de Pareto aplicado na metodologia *Shainin*, nele o efeito *Green Y*[®] é representado pelo eixo Y e a sequência de causas respectivamente descritas no eixo X (*Red X*[®], *Pink X*[®], *Pale Pink X*[®], e assim por diante).

Figura 24: Princípio de Pareto na metodologia *Shainin*



Fonte: Bothe e Bothe(2000).

Baseado no conceito “*Talking to the parts*” Bothe e Bothe (2000) apresenta formas de coletar informações do desvio através de dados fornecidos pelas peças estudadas.

Para descoberta do *Red X*® a metodologia *Shainin* conta com 5 ferramentas diferentes para aplicação, e a escolha da ferramenta a ser utilizada é baseada na classificação do efeito, o qual já foi classificado neste estudo como Evento Destrutivo, e na natureza de aparição do Green Y®. Esta pode ser considerada de acordo com o contraste identificado em um evento em comum no qual a falha é encontrada, como por exemplo, tempo a tempo, turno a turno, máquina a máquina, peça a peça.

As ferramentas citadas são utilizadas para gerar pistas das causas potenciais, e a partir disso trabalhar na eliminação de falsas causas para identificar o *Red X*®. As ferramentas são: Análise Multi-Vari, Gráfico de Concentração, Pesquisa de Componentes, Comparações Emparelhadas e Pesquisa de Produto/Processo.

Nesta pesquisa foi identificado contraste peça a peça, dessa forma, tomou-se

a decisão de utilizar a ferramenta *Paired Comparison* (Comparações Emparelhadas) para descoberta da(s) causa(s), a qual consiste em avaliar pares de peças compostos por uma peça BOB (*Best of Best*) e uma peça WOW (*Worst of Worst*) a fim de identificar os n fatores que apresentam contraste entre as unidades.

Para aplicação do *Paired Comparison*, ASQ 1510 (2020) explica que devem ser selecionadas de 6 a 8 unidades de amostras consideradas as melhores (BOB) e a mesma quantidade de amostras consideradas piores (WOW), as quais tenham o maior contraste possível no que diz respeito ao *Green Y*® em investigação. Devem ser formados pares com essas amostras, contendo um BOB e um WOW por par para avaliar e listar quaisquer parâmetros e/ou características de qualidade que podem explicar a diferença no *Green Y*® entre um BOB e um WOW. Bothe e Bothe (2000) fundamenta que:

“As diferenças podem ser visuais, dimensionais, cosméticas, mecânicas, elétricas, químicas, metalúrgicas, etc. As técnicas de medição podem ser visual, uma régua, um raio-x, um microscópio eletrônico de varredura, uma tomografia computadorizada, um elemento finito de análise, ou um teste de falha”. (Tradução própria)

O processo de avaliar um par de amostras e listar as características contrastantes se repete nos pares até que um ou mais parâmetros apresentem uma repetibilidade de contraste entre BOB e WOW.

Para seleção das amostras WOW, foram escolhidas amostras devolvidas pelo cliente e amostras reprovadas internamente, e feito o teste de compressão para medição do *Green Y*®. Diversas características foram analisadas e registradas durante o *Paired Comparison*, as Figuras 25 e 26 apresentam o esquema de registro das análises e exemplificam alguns dos parâmetros medidos

Figura 25: Paired Comparison Altura da Sanfona

Altura da Sanfona		
Amostra	Esq	Dir
BOB1	48,5	48
WOW1	48	48
BOB2	48,5	48,5
WOW2	49	49
BOB3	48	48
WOW3	48	48
BOB4	48	48
WOW4	48	48
BOB5	48,5	48,5
WOW5	48	48

Fonte: De autoria própria (2022)

Figura 26: Paired Comparison Espessura nas laterais

Espessura nas laterais		
	Esq	Dir
BOB1	427	431
WOW1	418	416
BOB2	428	420
WOW2	413	414
BOB3	412	408
WOW3	419	426
BOB4	419	405
WOW4	424	420
BOB5	391	392
WOW5	431	428

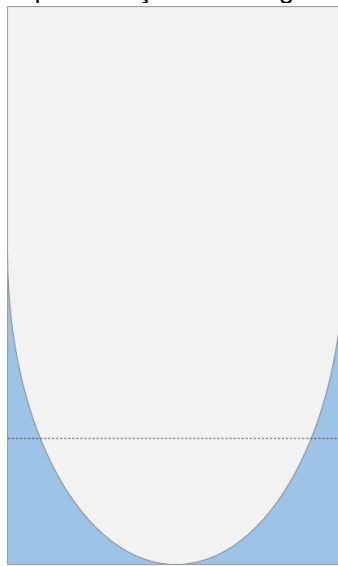
Fonte: De autoria própria (2022)

Foram analisadas diversas características, entretanto muitas delas não apresentam contraste algum, ou seja, a característica não representa a diferença existente entre uma unidade de peça boa e uma peça ruim. Dentre os parâmetros avaliados foi encontrado contraste no parâmetro de deslocamento da parábola, a qual se movimenta na transversal e longitudinal dependendo da localização das barras das selagens transversais e longitudinais, e no teste de microscopia do ponto tríplice.

4.3.1 Deslocamento da parábola

A Figura 27 traz uma representação gráfica da primeira etapa de selagem pela qual o *pouch* passa durante o processo de formatação, a qual é feita pelas barras longitudinais responsáveis por selar o material em um formato base para criação da parábola (representado em azul). A linha tracejada na figura representa a sanfona (dobra) do fundo.

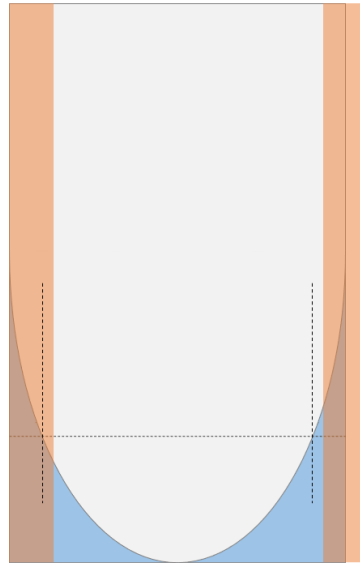
Figura 27: Representação da Selagem da parábola



Fonte: De autoria própria (2022)

A Figura 28 mostra uma representação da chapa de selagem transversal acertando as laterais do *pouch* de forma descentralizada (representado em laranja). As linhas tracejadas na vertical apresentam a posição correta onde as barras deveriam se chocar com a embalagem.

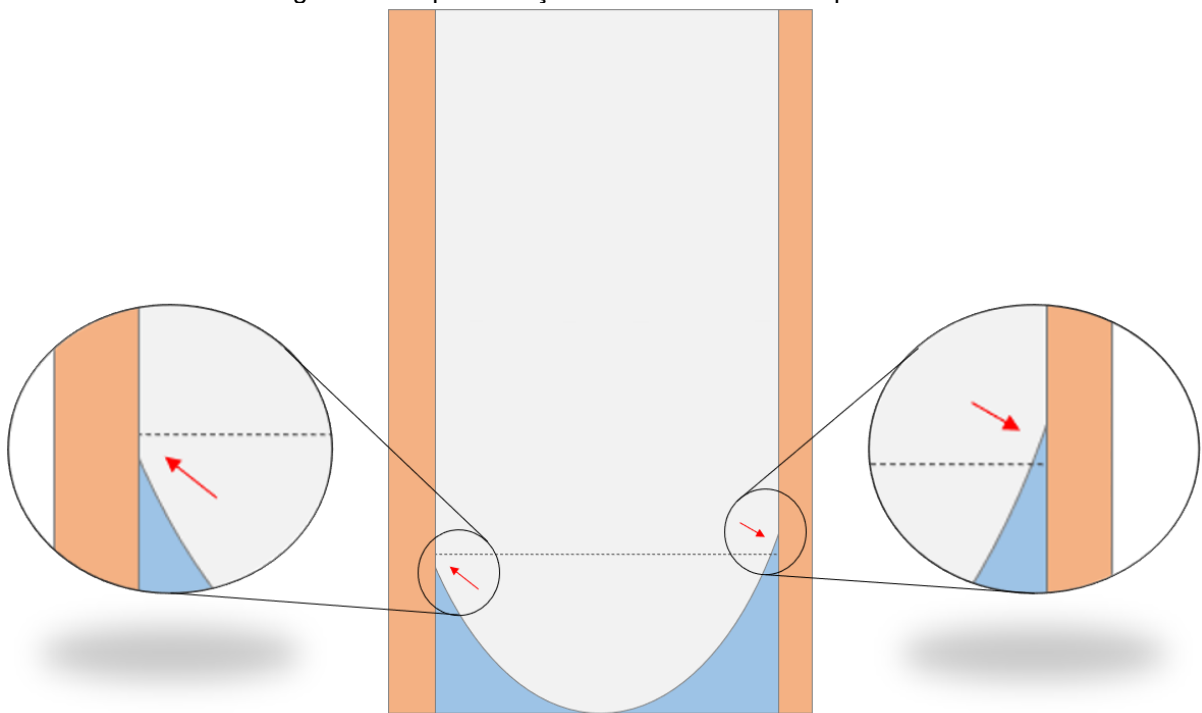
Figura 28: Representação das selagens transversais



Fonte: De autoria própria (2022)

Dessa forma, ao final do processo de formatação, esse deslocamento é identificado como um deslocamento da parábola de ambos os lados. A Figura 29 retrata o desvio nas laterais trazendo exemplos de como é possível enxergar o desvio ao final da parábola.

Figura 29: Representação do deslocamento da parábola

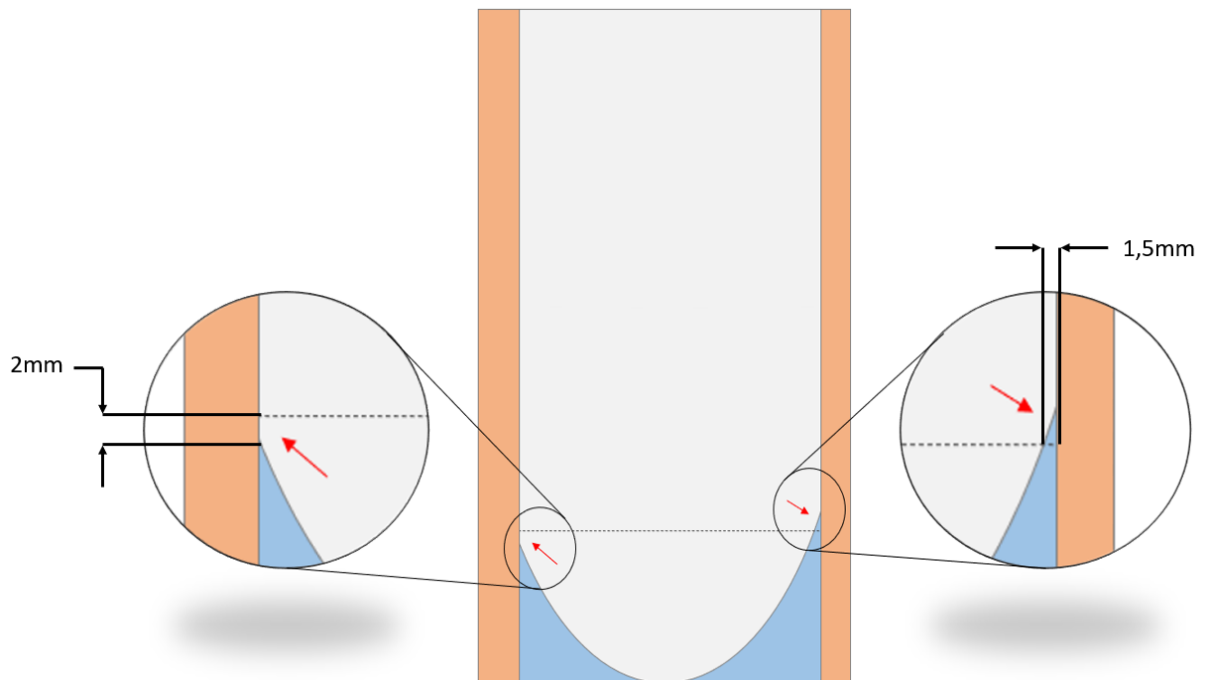


Fonte: De autoria própria (2022)

Considerando que a causa do desvio precisa ser quantificado para validá-lo como *Red X*®, a Figura 30 traz as formas de medição do deslocamento da parábola,

sendo feito com uma régua na vertical quando a linha da parábola não se encontra com a linha da sanfona do fundo do *pouch* como apresentado do lado esquerdo da imagem. Quando a linha da parábola se encontra com a sanfona do fundo do *pouch*, mas não se encontra com a linha da selagem transversal, nesse caso a medição é feita com a régua da horizontal.

Figura 30: Representação da medição do deslocamento da parábola



Fonte: De autoria própria (2022)

Feitas as medições nas amostras BOB e WOW, foi possível encontrar um contraste significativo entre as famílias de amostras. Os *pouchs* considerados BOB possuíam um deslocamento mínimo ou inexistente, enquanto as amostras consideradas ruins apresentaram um deslocamento maior que 2 milímetros chegando até 4 milímetros de deslocamento. A Tabela 1 reproduz o resultado das análises realizadas.

Tabela 1 - Medição da Variação da Parábola

Amostra	Variação Parábola Esquerda	Unid. Medida
BOB 1	0,5	mm
WOW 1	4	mm
BOB 2	0,5	mm
WOW 2	3,5	mm
BOB 3	1	mm
WOW 3	2	mm
BOB 4	0,5	mm
WOW 4	3,5	mm
BOB 5	-0,5	mm
WOW 5	4	mm
BOB 6	1	mm
WOW 6	2,5	mm

Fonte: De autoria própria (2022)

Tendo os resultados da medição da parábola em cada uma das amostras, os *pouches* foram colocados em prova para validação do *Red X®*, sendo feita a análise de compressão em cada uma das amostras. O Tabela 2 mostra os resultados obtidos na medição da parábola e no teste de compressão. Pode-se perceber que as amostras BOB, com baixa variação na parábola, foram submetidas a altas pressões chegando até 360 quilogramas sem apresentar trinca, ao passo que as amostras WOW, com alta variação na parábola, evidenciaram trinca à baixa pressão: de 60 a 80 quilogramas.

Tabela 2 - *Paired Comparison* relacionando o *Red X®* com *Green Y®*

Amostra	Varição Parábola Esquerda	Varição Parábola Direita	<i>Red X®</i> : Pior resultado de variação da parábola	Unid. Medida	<i>Green Y</i> - Força de compressão	Unid. Medida
BOB 1	0,5	0,5	0,5	mm	360 – Sem trinca	KG
WOW 1	4	1	4	mm	80	KG
BOB 2	0,5	0	0,5	mm	360 - Sem trinca	KG
WOW 2	3,5	1	3,5	mm	80	KG
BOB 3	1	1	1	mm	360 - Sem trinca	KG
WOW 3	2	1,5	2	mm	60	KG
BOB 4	0,5	0	0,5	mm	360 - Sem trinca	KG
WOW 4	3,5	1	3,5	mm	60	KG
BOB 5	-0,5	0,5	0,5	mm	360 - Sem trinca	KG
WOW 5	4	1	4	mm	80	KG
BOB 6	1	0,5	1	mm	360 - Sem trinca	KG
WOW 6	2,5	0	2,5	mm	80	KG

Fonte: De autoria própria (2022)

Para confirmação do *Red X®*, foram coletadas, aleatoriamente, amostras de pastas de retenção a fim de medir a variação da parábola e realizar o teste de compressão como contraprova. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos

Tabela 3 - Relação de *Red X*® com *Green Y*® de amostras aleatórias

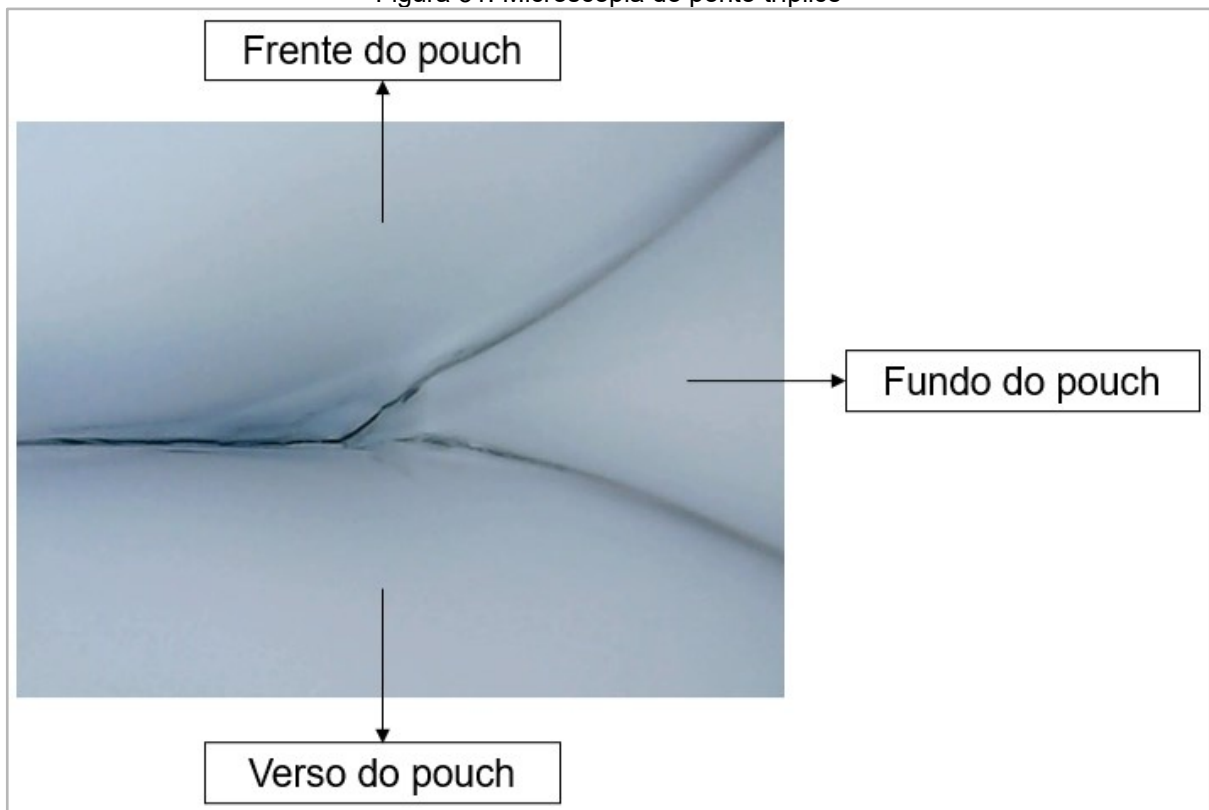
Amostra	<i>Red X</i> ®: Pior resultado de variação da parábola	Unid. Medida	<i>Green Y</i> ® - Força de compressão	Unid. Medida
BOB 7	1	mm	360 – Sem trinca	KG
WOW 7	2,5	mm	60	KG
BOB 8	1	mm	140	KG
WOW 8	3,5	mm	80	KG
BOB 9	1	mm	360 - Sem trinca	KG
WOW 9	4	mm	60	KG
BOB 10	0,5	mm	360 - Sem trinca	KG
WOW 10	3,5	mm	60	KG
BOB 11	1	mm	160	KG
WOW 11	3	mm	40	KG

Fonte: De autoria própria (2022)

4.3.2 Microscopia do ponto tríplice

Sabendo que o vazamento encontrado no cliente era localizado no ponto tríplice, foram feitas diversas análises buscando encontrar indícios de desvio nesta região. Uma das análises feitas foi uma microscopia com um equipamento manual, avaliando as características visuais no ponto tríplice de uma perspectiva de dentro do *pouch*. A Figura 31 explica as regiões do ponto tríplice caracterizadas pela selagem dos filmes de frente, verso e fundo do *pouch* já formatado.

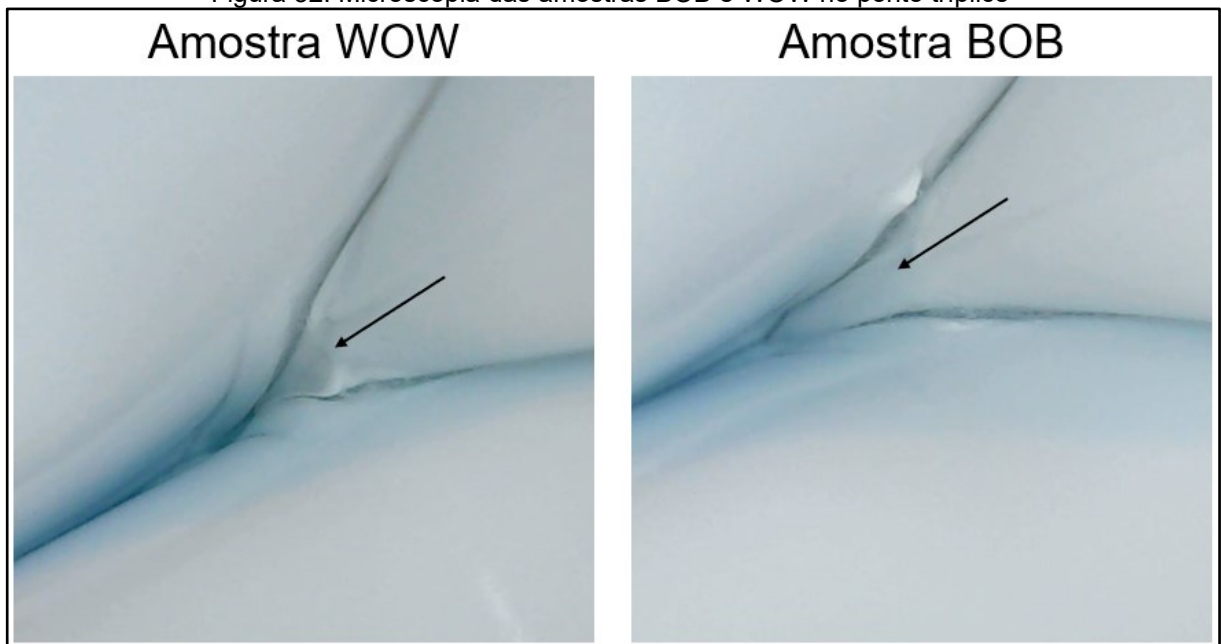
Figura 31: Microscopia do ponto tríplice



Fonte: De autoria própria (2022)

Durante as avaliações das imagens obtidas na microscopia durante o *Paired Comparison* pode-se identificar um dano pré-existente no filme do fundo do *pouch*. A Figura 32 traz uma comparação entre BOB e WOW, na qual é possível perceber uma tonalidade mais escura no filme de fundo da amostra WOW, enquanto o filme de fundo da amostra BOB permanece lisa e clara.

Figura 32: Microscopia das amostras BOB e WOW no ponto tríplice

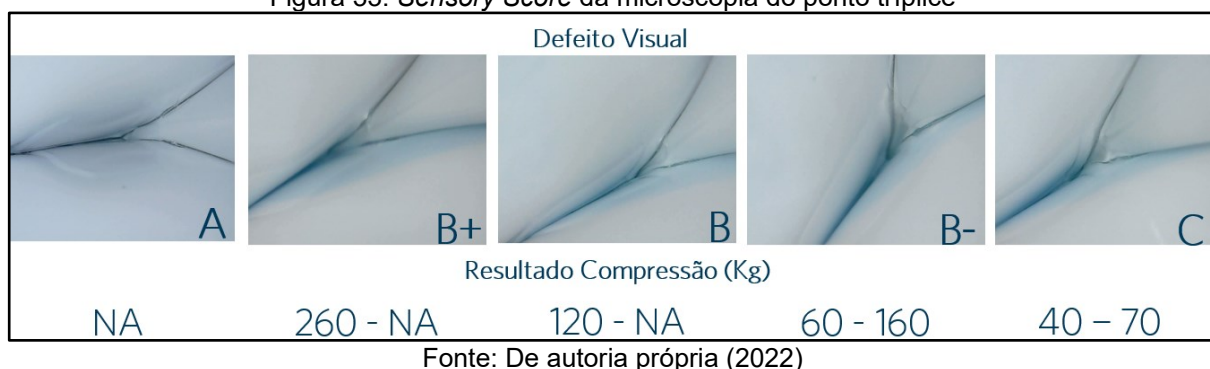


Fonte: De autoria própria (2022)

A microscopia foi feita também em 8 pares de BOB e WOW para confirmar o contraste e repetibilidade do comportamento apresentado. Em discussão com a equipe de trabalho, foi levantada a hipótese de o dano pré-existente na microscopia ser gerado por diferentes forças aplicadas na pressão das barras de selagem, ou seja, quando aplicado uma maior pressão, o material é danificado podendo causar uma trinca nesta área e, para confirmar tal hipótese seria necessário testar as pressões em máquina para validar o comportamento.

Sabendo que o *Red X*® precisa ser quantificado, com as microscopias e testes de compressão finalizados, foi possível montar uma escala de criticidade da imagem obtida pela microscopia, para isso, foi utilizada a ferramenta *Sensory Score*, aplicada quando é necessário quantificar características sensoriais entre bons e ruins. A Figura 33 contém o *Sensory Score* desenvolvido, classificando as imagens entre A, B +, B, B - e C sendo da melhor para a pior amostra respectivamente, e apresenta o resultado de compressão esperado dentro de cada uma das classificações.

Figura 33: *Sensory Score* da microscopia do ponto tríplice



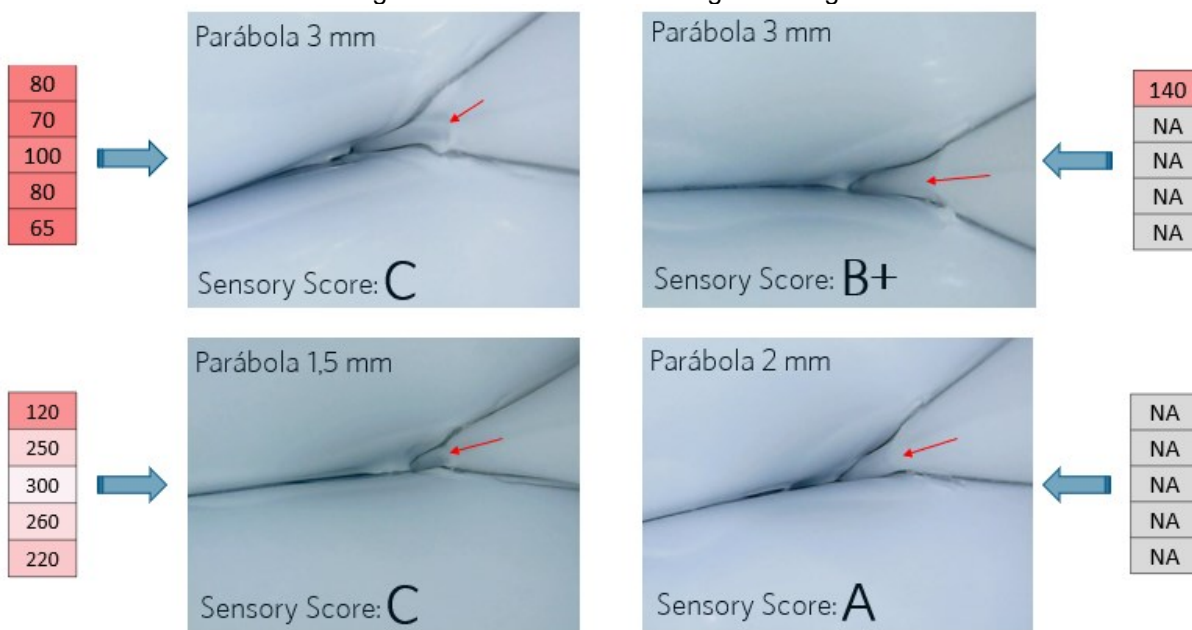
4.4 Testar

Seguindo para a quarta etapa do roteiro FACTUAL é alcançada a fase de teste para confirmação das causas encontradas, sendo elas a variação da parábola e a pressão aplicada nas barras de selagem. Foi realizado o teste “Liga x Desliga” no qual é gerado o desvio em máquina propositalmente e logo em seguida retirado o desvio para avaliação do Green Y® posteriormente. Dessa forma, foram realizados testes aumentando a pressão das barras de selagem longitudinal a fim de avaliar a imagem da microscopia, e foram movimentadas as barras transversais com o propósito de variar a parábola ao final do processo.

O teste foi realizado duas vezes consecutivas, ou seja, o defeito foi ligado, desligado, ligado novamente, e por fim desligado. Com isso, as amostras passaram pelos processos de revalidação do Red X®, sendo medidas as variações da parábola, feita microscopia do ponto tríplice, e teste de compressão em diversas amostras de cada teste realizado.

A Figura 34 e a Tabela 4 apresentam os resultados obtidos do teste Liga x Desliga.

Figura 34: Resumo do teste Liga x Desliga



Fonte: De autoria própria (2022)

Tabela 4 - Resumo do teste Liga x Desliga

Amostra	Red X®: Pior resultado de variação da parábola	Unid. Medida	Pink X®: Sensory Score	Green Y® - Força de compressão	Unid. Medida
Teste 1	3	mm	C	80 / 70 / 100 / 80 / 65	KG
Teste 2	3	mm	B +	140 / NA / NA / NA / NA	KG
Teste 3	1,5	mm	C	120 / 250 / 300 / 260 / 220	KG
Teste 4	2	mm	A	NA / NA / NA / NA / NA	KG

Fonte: De autoria própria (2022)

Observando os resultados apresentados na Figura 34 e na Tabela 4 é possível constatar que o primeiro teste realizado obteve a maior variação na parábola (3 mm de variação) e o pior resultado no *Sensory Score*, à vista disso, quando realizado teste de compressão, o teste 1 obteve os resultados mais baixos (todos abaixo de 100 kg de pressão).

O segundo teste realizado também apresentou o pior resultado na variação da parábola (3 mm de variação), entretanto, com a baixa pressão aplicada na barra de selagem longitudinal, o teste 3 adquiriu uma nota B + no *Sensory Score* e, por conta disso não apresentou resultados ruins no teste de compressão, tendo um único valor próximo de 100 kg ao passo que as demais amostras do teste 2 não apresentaram trinca.

No teste 3 foi encontrada uma variação da parábola de 1,5 mm, considerada uma variação baixa e aceitável, entretanto a amostra obteve o pior resultado no *Sensory Score*, obtendo uma nota C. Por conta disso, todas as amostras apresentaram trincas no ponto tríplice, entretanto, sob uma alta pressão aplicada.

O 4º e último teste obteve uma variação da parábola considerada relativamente ruim, mas apresentou uma ótima performance no *Sensory Score*: A. Com isso, nenhuma amostra apresentou trinca durante o teste de compressão.

Com a aplicação do teste Liga x Desliga foi possível compreender que ambas as causas pontuadas contribuem para o efeito de vazamento encontrado, comprovando assim o *Red X*® como a variação da parábola, e o *Pink X*® como o defeito pré-existente no ponto tríplice causado pela alta pressão da barra de selagem longitudinal e identificado a partir da microscopia. Entendeu-se então que o defeito pré-existente só aparece quando existe um deslocamento da parábola, ou seja, somente a alta pressão na chapa de selagem longitudinal não causa vazamento, mas quando ela acontece em um *pouch* com deslocamento na parábola, o defeito do vazamento se torna presente, ao passo que em um cenário somente com a variação da parábola, o *pouch* pode ou não gerar defeito.

4.5 Understanding

Passando para a 5ª etapa do roteiro FACTUAL, a etapa de entendimento, ou etapa “U” (*Understanding*), procura mapear a relação entre o *Red X*® e o *Green Y*® a fim de controlar o *Red X*® de acordo com as necessidades do cliente. Dessa forma foi realizado mais um teste no qual todas as amostras apresentaram variação na parábola propositalmente, mas nesse caso foi alterada a pressão da chapa longitudinal a fim de obter notas variadas no *Sensory Score*.

Ao final no teste, foram realizadas as classificações do *Sensory Score* em cada uma das 52 amostras geradas e construída uma nova escala numérica a partir da escala do *Sensory Score*, a fim de tornar possível a geração de um gráfico numérico para análise de relação entre o *Red X*® e o *Green Y*®. A Tabela 5 apresenta a conversão de escala realizada.

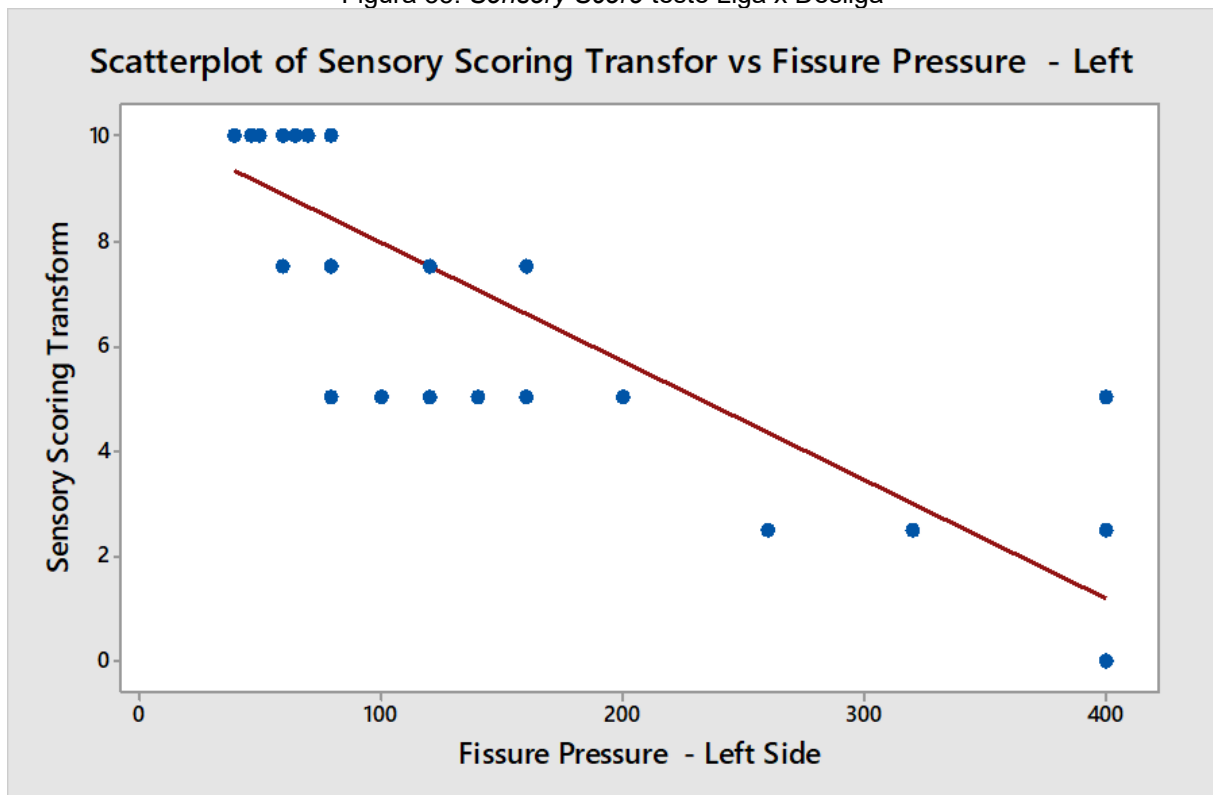
Tabela 5 - Conversão do *Sensory Score* para uma escala numérica

Classificação do <i>Sensory Score</i>	Escala numérica
A	0
B +	2,5
B	5
B -	7,5
C	10

Fonte: De autoria própria (2022)

A partir da escala numérica criada, foi gerado um gráfico *Scatter Plot* tendo a transformação do *Sensory Score* no eixo y, e a pressão aplicada até a trinca do teste de compressão no eixo x do gráfico, gerando uma linha de tendência que, quando inclinada (como na Figura 35) comprova a dependência entre as variáveis, ou seja, dependência entre a causa e o efeito (X e Y).

Figura 35: *Sensory Score* teste Liga x Desliga



Fonte: De autoria própria (2022)

No gráfico é possível observar um agrupamento de amostras com resultado de

compressão menor do que 100 quilogramas e classificados no *Sensory Score* como C (identificado como 10 na transformação do *Sensory Score*). Esse montante de amostras foi considerado como WOW uma vez que fragiliza o ponto tríplice a uma pressão baixa. Sabendo que ainda existe a interferência da variação da parábola, foi considerado como uma embalagem *pouch* satisfatória aquela que é classificada entre A, B + e B no *Sensory Score* e ultrapassa a condição de 100 kg no teste de compressão.

4.6 Ação

Tendo o problema entendido e a uma forma de reconhecimento desenvolvida, é iniciada a etapa de Ação do roteiro FACTUAL. Nesta etapa são trabalhadas ações corretivas em cima do *Red X*®, garantindo sua procedimentação, e desenvolvidas alternativas para o monitoramento do *Green Y*®.

Como primeiro passo, foi elaborado um procedimento para medição do deslocamento da parábola. Neste procedimento é identificado se a variação da parábola se encontra na vertical ou na horizontal e feita a mediação com uma régua metálica de alta precisão, sendo aprovado o teste somente quando o deslocamento encontrado for inferior a 2 milímetros. O teste é feito do lado direito e esquerdo e na frente e verso do *pouch*.

Também foi implementado uma melhoria em máquina que acompanha a variação da máquina absorvendo essa variação na movimentação do filme durante a passagem nas barras de selagem transversais. Dessa forma a curva normal de variação da parábola tende a se deslocar para a esquerda, resultando em uma média de deslocamento menor.

Para garantir que não seria produzido material com baixa classificação no *Sensory Score* foi elaborado um teste de monitoramento da pressão e temperatura das barras de selagem longitudinal através de papel carbono. Neste teste, o carbono é depositado entre as barras de selagem e, após o funcionamento das barras, ele expõe o formato da selagem trazendo a intensidade da pressão e temperatura nas marcas da selagem. A Figura 36 mostra o resultado observado no teste de carbono.

Figura 36: Teste do carbono



Fonte: De autoria própria (2022)

Durante os testes feitos em máquina, foi percebida a dificuldade de quantificar a pressão aplicada nas barras de selagem uma vez que era medida pela distância entre as barras com o uso de um paquímetro. Pensando em aprimorar a medição e consequentemente sua confiabilidade, foi implementado um sensor que expõe, de forma precisa, a distância entre as barras. Dessa forma, foi possível padronizar o intervalo de distância ideal para produção em máquina.

Além das adaptações feitas em máquina, foi implementado o teste de microscopia no controle de qualidade do setor utilizando a escala do *Sensory Score* desenvolvida, a fim de acompanhar o dano pré-existente no ponto tríplice e garantir que não seria entregue ao cliente um material danificado (classificado entre B - e C) e consequentemente, com a possibilidade de vazamento no fundo.

4.7 Alavancar

Todas as mudanças e conhecimentos adquiridos foram documentados e procedimentados mantendo o aprendizado para futuras produções.

Alcançando a última etapa do roteiro FACTUAL a etapa “Alavancar” dedica-se à expansão dos conhecimentos e ganhos, levando as novas experiências para toda a empresa. Com a conclusão da análise, a equipe de trabalho passou a propagar a metodologia utilizada para resolução de outros problemas apresentados posteriormente e envolvendo novas pessoas nos estudos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas aplicadas da metodologia Shainin buscam convergir para um resultado de causa coerente com os efeitos encontrados no produto final de forma a criar um entendimento sobre o que realmente afeta o processo e de que forma o impacto pode ser sanado. Nessa linha de pensamento, a pesquisa procurou apresentar a aplicação dessas ferramentas com o objetivo de identificar esse efeito e/ou causa raiz do desvio de vazamento nas embalagens pouch, trazendo os resultados obtidos do estudo.

Inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico das ferramentas da metodologia Shainin e descritos o processo e a falha encontrada no produto e, ao decorrer da pesquisa foi apresentadas as ferramentas da metodologia dentro da estrutura FACTUAL demonstrada nos resultados.

Foram identificadas duas principais causas do desvio de vazamento sendo o deslocamento na parábola e o dano no ponto tríplice causado pelas barras de selagem, os quais foram classificados respectivamente como *Red X*[®] e *Pink X*[®] de acordo com as nomenclaturas apresentadas na metodologia.

Atentando-se às primeiras manifestações do desvio, a equipe de trabalho passou um período significativo sem grandes evoluções pela falta de conhecimento de ferramentas para resolução de problemas complexos. Somente quando uma nova pessoa adentrou ao time trazendo esse conhecimento, que a pesquisa começou a evoluir. Destaca-se dessa forma, a importância desta pesquisa para a disseminação do conhecimento desta e outras ferramentas focadas em problemas complexos.

Observou-se que a ferramenta é de fácil entendimento e aplicação, possibilitando sua aplicação por uma ampla gama de pessoas. Além disso, a ferramenta não se limita à quaisquer categorias de problemas, permitindo também a sua aplicação em diferentes naturezas de falhas.

À vista disso sugere-se que a ferramenta seja apresentada para outras áreas da empresa, a fim de alcançar todas os campos de engenharia para o enriquecimento dessa área de conhecimento.

Para o setor de formatação de pouch sugere-se o mantimento das ações implementadas, e melhorias na etapa de procedimentação a fim de garantir que o conhecimento construído faça parte das novas rotinas de trabalho do setor.

6 REFERÊNCIAS

AICHAIL, Justin; JADHAV, Arju; BAVISKAR, Aniket; GAJARE, Chandan; PATIL, R.S. **Simplification of Six Sigma Implementation Using Shainin Tools for Process Improvement**. International Journal of Scientific & Engineering Research. Volume 8, 2017.

ASQ 1510. **Virtual Meeting July 14, 2020 - An Overview of Shainin Methods**. Youtube, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=F86UqWUjY6Q&t=1737s>. Acesso em: 21 mar. 2022.

ASQ BLUE RIDGE SECTION 1108. **Introduction to Shainin & Red X Problem Solving**. Youtube, 12 mar. 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=PZmm4I7_x2E&t=1430s. Acesso em: 10 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 9001: sistemas de gestão da qualidade: requisitos**. Rio de Janeiro, 2015.

ABRANTES, Patrícia Alexandra Pereira. **Estudo de Causas Raiz na Falha de Aderência em Revestimentos Aplicados em Ligas de Alumínio**. 2017

BASTOS, André; GUTZ, Thiago. **Modelo para Avaliação da Internalização dos Princípios de Gestão da Qualidade na Organização**. Ponta Grossa: IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2014.

BOTHE, Kekij; BHOTE, Adi. **World Class Quality: Using Design of Experiments to Make It Happen**. English Edition, 2000.

DANIEL, Érika; MURBACK, Fábio. **Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade**. Poços de Caldas: Revista do Curso de Administração / PUC Minas, 2014.

DAMY, Antonio Sergio. **Como classificar pesquisas? 1**. 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002

KIRCHNER, Arndt. **Gestão da qualidade**. Disponível em: Minha Biblioteca, Editora Blucher, 2010.

KOSINA, Jan. **Shainin Methodology: An Alternative or an Effective Complement to Six Sigma?** Quality Innovation Prosperity, 2015

LOPES, Janice Correia. **Gestão da Qualidade: Decisão ou Constrangimento Estratégico**. Dissertação de Mestrado em Estratégia Empresarial. Laureate International Universities. Lisboa, 2014.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade: fundamentos e práticas para cursos de graduação**. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

LYE, L. M. **Tools and toys for teaching design of experiments methodology**. Canada: Faculty of Engineering and Applied Science, 2005

MEIRELLES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente**. São Paulo: Arte e ciência, 2001

MELLO, Carlos; TURRIONI, João; XAVIER, Amanda; CAMPOS, Danielle. **Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução**. SciELO - Scientific Electronic Library Online, 2011.

NOGUEIRA, Marcela; DAMASCENO, Mauro Lúcio. **Importância do sistema de gestão da qualidade para indústria de alimentos**. Caderno De Ciências Agrárias v.8 n.3. (2016)

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e prática**. 4. ed, São Paulo: Atlas, 2019.

PARIS, Wanderson. **Proposta de uma metodologia para identificação de causa raiz e solução de problemas complexos em processos industriais: um estudo de caso**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003.

PEREZ, Valeria; DIACENCO, Adriana; PAULISTA, Paulo. **Análise das sete ferramentas estatísticas da qualidade utilizadas nos sistemas produtivos**. Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**, 2ª Ed. Novo Hamburgo - RS, Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo - ASPEUR Universidade Feevale, 2013.

RAMON, C. R., SILVA, A. M., BEZERRA, R. R., e JUNIOR, I. D. **Padronização de processos para redução de erros em uma distribuidora: um estudo de caso**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

SOUTO, Elson. **Otimização de processos industriais com emprego de ferramentas da qualidade: estudo de caso no processo de montagem de uma montadora de motocicletas do polo industrial de Manaus**. Universidade do Estado do Amazonas, 2021

SZYSZKA, I. **Implantação de sistemas da qualidade ISO 9000 e mudanças organizacionais**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

TANCO, Martín; VILES, Elizabeth; POZUETA, Lourdes. **Are All Designs of Experiments Approaches Suitable for Your Company?** Londres: World Congress on Engineering, 2008.

THIOLLENT, Michel; SILVA, Generosa. **Metodologia de pesquisa-ação na área de gestão de problemas ambientais**. RECIIS - Revista Eletrônica de Comunicação Informação & Inovação em Saúde. Rio de Janeiro, v.1, n.1, 2007.

VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em Serviços de Informação**. São Paulo: Editora Arte & Ciência, 2002.