

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL

FELIPE REINALDO BRESSAN

ANALISE DE FALHA EM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FILTROS DE  
MOTOR A COMBUSTÃO UTILIZANDO FMEA

Joinville  
2025

FELIPE REINALDO BRESSAN

ANALISE DE FALHA EM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FILTROS DE  
MOTOR A COMBUSTÃO UTILIZANDO FMEA

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em curso de graduação em Engenharia Naval, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador(a): Doutor Luis Fernando Peres Calil

Joinville  
2025

FELIPE REINALDO BRESSAN

ANALISE DE FALHA EM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FILTROS DE  
MOTOR A COMBUSTÃO UTILIZANDO FMEA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em curso de graduação em Engenharia Naval, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville (SC), 14 de agosto de 2025.

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Luis Fernando Peres Cali  
Orientador/Presidente

---

Prof. Dr. Carlos Mauricio Sacchelli  
Membro(a)  
UFSC

---

Prof. Dr. Regis Kovacs Scalice  
Membro(a)  
UFSC

Dedico este trabalho aos meus colegas de classe, que compartilharam comigo os desafios, aprendizados e conquistas desta trajetória acadêmica. Aos colegas da empresa, cuja colaboração e troca de experiências foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo. À minha família, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo constantes, pilares indispensáveis para a realização desta conquista. Registro também minha gratidão à Atlética Camaleão, que me proporcionou momentos inesquecíveis de integração, amizade e celebração ao longo da graduação, bem como a todos os integrantes da Kuase Rep, com quem tive a oportunidade de construir uma história marcante, reconhecida como a maior república de Joinville. De forma muito especial, dedico este trabalho à memória de Pedro Vitor Uchima, amigo e irmão de jornada, com quem iniciei a faculdade e dividi minha moradia durante todo o período acadêmico. Sua partida precoce o impediu de presenciar esta conclusão, mas sua presença permanece viva em cada lembrança, ensinamento e conquista alcançada.

*“ A natureza é um enorme jogo de xadrez disputado por deuses, e que temos o privilégio de observar. As regras do jogo são o que chamamos de física fundamental, e compreender essas regras é a nossa meta. ”*

Richard Phillips Feynman

## RESUMO

Na indústria de manufatura, especialmente em setores onde a confiabilidade é crítica como o automotivas, pequenas falhas em etapas produtivas podem resultar em grandes impactos operacionais e financeiros. Filtros aplicados em motores a combustão têm a função essencial de reter impurezas, protegendo os sistemas internos contra desgaste, falhas e interrupções de funcionamento. Este trabalho propõe a aplicação da técnica FMEA (Análise de Modo e Efeito da Falha) no processo de fabricação de filtros automotivos, com foco em sua utilização em motores de grande porte, como os utilizados em embarcações e caminhões. A análise foi estruturada em sete etapas, abrangendo desde o planejamento até a documentação dos resultados. O estudo foi desenvolvido com base em um processo real de produção, considerando as fases de plissagem, colagem com adesivo hot melt, junção por termofusão, aplicação de vedações, gravação a laser e embalagem final. A elaboração da PFMEA possibilitou a identificação de falhas potenciais, suas causas e efeitos, com a avaliação dos riscos baseada nos critérios de severidade, ocorrência e detecção, priorizados por meio da matriz de Prioridade de Ação (PA). Embora a etapa de otimização não tenha sido aplicada por depender de dados em campo, sua estrutura foi descrita metodologicamente. Os resultados obtidos reforçam o papel da FMEA como ferramenta estratégica na prevenção de falhas e no aprimoramento contínuo da qualidade, contribuindo para a robustez do processo e a confiabilidade dos produtos, especialmente em contextos operacionais exigentes.

**Palavra-chave:** FMEA. PFMEA. Filtros de motor a combustão.

## **ABSTRACT**

In the manufacturing industry, especially in sectors where reliability is critical, such as automotive, small failures in production stages can result in significant operational and financial impacts. Filters applied in combustion engines have the essential function of retaining impurities, protecting internal systems against wear, failures, and operational interruptions. This study proposes the application of the FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) technique in the manufacturing process of automotive filters, focusing on their use in large engines, such as those employed in vessels and trucks. The analysis was structured in seven stages, ranging from planning to the documentation of results. The study was developed based on a real production process, considering the stages of pleating, bonding with hot melt adhesive, joining by thermofusion, application of seals, laser marking, and final packaging. The development of the PFMEA enabled the identification of potential failures, their causes and effects, with risk assessment based on the criteria of severity, occurrence, and detection, prioritized through the Action Priority (AP) matrix. Although the optimization stage was not applied due to its dependence on field data, its structure was methodologically described. The results obtained reinforce the role of FMEA as a strategic tool in failure prevention and continuous quality improvement, contributing to process robustness and product reliability, especially in demanding operational contexts.

**Keywords:** FMEA. PFMEA. Combustion Engine Filters.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Filtro combustível . . . . .	14
Figura 2 – Formas do papel . . . . .	16
Figura 3 – Diferenças com embossing . . . . .	17
Figura 4 – Etapas do processo . . . . .	18
Figura 5 – Papel colado. . . . .	19
Figura 6 – Deslocamento vertical. . . . .	20
Figura 7 – Deslocamento horizontal. . . . .	20
Figura 8 – Exemplo de termofusão . . . . .	22
Figura 9 – Falta de inserção do papel na tampa . . . . .	22
Figura 10 – Caixa, O’ring e filtro . . . . .	26
Figura 11 – Cabeçalho Fluxograma de operações . . . . .	43
Figura 12 – Análise da estrutura OP.60 . . . . .	46
Figura 13 – Análise da função OP.60 . . . . .	48
Figura 14 – Análise de falha OP.60 . . . . .	49
Figura 15 – Análise de risco OP.60 . . . . .	52
Figura 16 – Distribuição das classificações de Prioridade de Ação (PA) . . . . .	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise da estrutura . . . . .	32
Quadro 2 – Análise da função . . . . .	34
Quadro 3 – Análise de falhas . . . . .	35
Quadro 4 – Análise de risco . . . . .	38
Quadro 5 – Otimização . . . . .	39
Quadro 6 – Distribuição das classificações de Prioridade de Ação (PA) .	55

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	<b>Objetivo geral</b>	<b>13</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>13</b>
1.1.3	<b>Escopo e limitações do trabalho</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FILTROS AUTOMOTIVOS DE PAPEL TIPO INSERT</b>	<b>14</b>
2.1	RECEBIMENTO, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAGEM DE MATERIAIS E INJEÇÃO	15
2.2	PLISSAGEM DE PAPEL	16
2.3	COLAGEM DO PAPEL	18
2.4	VEDAÇÕES	20
2.5	JUNÇÃO TAMPAS E PAPEL	21
2.6	ESPUMA DE VEDAÇÃO	23
2.6.1	<b>Vedação Radial</b>	<b>24</b>
2.6.2	<b>Absorção de Vibrações e Ruídos</b>	<b>24</b>
2.6.3	<b>Auxílio no Encaixe e na Desmontagem</b>	<b>24</b>
2.7	GRAVAÇÃO E EMBALGEM	25
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (FMEA)</b>	<b>27</b>
3.1	PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO	30
3.2	ANÁLISE ESTRUTURAL	31
3.3	ANÁLISE FUNCIONAL	32
3.4	ANÁLISE DE FALHAS	34
3.5	ANÁLISE DE RISCO	36
3.6	OTIMIZAÇÃO	38
3.7	DOCUMENTAÇÃO DOS RESULTADOS	39
<b>4</b>	<b>PFMEA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO FILTRO DE PAPEL</b>	<b>41</b>
4.1	PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO	41

4.2	ANÁLISE ESTRUTURAL . . . . .	42
4.3	ANÁLISE FUNCIONAL . . . . .	46
4.4	ANÁLISE DE FALHAS . . . . .	48
4.5	ANÁLISE DE RISCO . . . . .	50
4.6	DOCUMENTAÇÃO DOS RESULTADOS . . . . .	53
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS . . . . .</b>	<b>54</b>
5.1	DISTRIBUIÇÃO DOS MODOS DE FALHA . . . . .	55
5.2	MODOS DE FALHA DE ALTA PRIORIDADE (A) . . . . .	55
<b>5.2.1</b>	<b>OP.60 – Colocar peças plásticas na estufa para secagem .</b>	<b>56</b>
<b>5.2.2</b>	<b>OP.80 – Posicionar a bobina na entrada da plissadeira com a garra de movimentação . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>5.2.3</b>	<b>OP. 120. 2 - Pré-aquecimento. . . . .</b>	<b>58</b>
<b>5.2.4</b>	<b>OP.290 – Inserir o filtro na calha transportadora para ins- peção após a termofusão . . . . .</b>	<b>59</b>
<b>5.2.5</b>	<b>OP.370 – Embalar elemento filtrante OES e IAM . . . . .</b>	<b>60</b>
5.3	MODOS DE FALHA DE MÉDIA PRIORIDADE (M) . . . . .	61
5.4	MODOS DE FALHA DE BAIXA PRIORIDADE (B) . . . . .	63
5.5	DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS . . . . .	63
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE A – PMEA . . . . .</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE B – FLUXOGRAMA DE OPERAÇÕES . . . . .</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO A – TABELA C2.1 SEVERIDADE (S) DA PFMEA .</b>	<b>92</b>
	<b>ANEXO B – TABELA C2.2 OCORRÊNCIA (O) DO PFMEA .</b>	<b>94</b>
	<b>ANEXO C – TABELA C2.4 DETECÇÃO (D) DO PFMEA . .</b>	<b>96</b>
	<b>ANEXO D – TABELA C2.5 PRIORIDADE DA AÇÃO (PA) DO PFMEA . . . . .</b>	<b>98</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de filtragem em motores a combustão interna exercem um importante papel na proteção dos componentes internos, garantindo o funcionamento adequado, a durabilidade dos sistemas e a segurança operacional. Em motores de grande porte utilizados na indústria automotiva ou naval, essa função torna-se ainda mais crítica, pois as condições operacionais são severas e o acesso à manutenção é limitado, exigindo alta confiabilidade dos filtros utilizados.

Com a crescente exigência por confiabilidade, eficiência energética e controle ambiental, os filtros automotivos têm se tornado cada vez mais complexos. Essa evolução torna imprescindível o uso de processos produtivos robustos, padronizados e confiáveis. Nesse cenário, destaca-se a relevância de abordagens preventivas para identificar possíveis falhas ainda nas fases iniciais do processo de fabricação.

A Análise de Modos e Efeitos de Falha (*FMEA – Failure Mode and Effects Analysis*) é amplamente reconhecida como uma ferramenta eficaz para prevenir problemas e aprimorar processos. Conforme destaca Carlson (2012), sua aplicação busca fortalecer a confiabilidade de sistemas, produtos e projetos ao antecipar modos de falha potenciais e direcionar ações para eliminá-los ou mitigá-los antes que possam ocorrer.

A FMEA permite uma abordagem sistêmica, baseada na experiência de equipes multidisciplinares e na compreensão funcional de cada etapa produtiva. De acordo com Stamatis (2003), “a FMEA não é apenas uma ferramenta; é uma metodologia que incorpora análise de risco e ações preventivas em uma abordagem sistemática”. Essa estrutura torna a FMEA especialmente eficaz em ambientes de produção com múltiplas variáveis e alta demanda, como é o caso da fabricação de filtros automotivos.

Empresas como a Hengst SE (2025), localizada em Joinville (SC), são reconhecidas mundialmente pelo desenvolvimento de filtros de alto desempenho e confiabilidade, destinados a aplicações em veículos automotivos, industriais,

agrícolas e, principalmente, motores de grande porte como os utilizados em caminhões e embarcações. No entanto, observa-se que, embora existam diversos estudos aplicando a FMEA em processos da indústria automotiva e de manufatura em geral, há uma escassez de trabalhos acadêmicos e técnicos voltados especificamente para a análise de falhas em processos produtivos de sistemas de filtração aplicados a motores. Essa lacuna reforça a relevância deste estudo, que visa não apenas contribuir para a melhoria do processo fabril, mas também gerar conhecimento técnico aplicável ao setor de filtragem, onde a confiabilidade dos sistemas é imprescindível, dado o ambiente operacional severo e as limitações de manutenções.

Este trabalho tem como objetivo aplicar a técnica FMEA no processo de fabricação de filtros automotivos utilizados em motores de grande porte, como em caminhões, com base no modelo proposto pelo manual AIAG & VDA (2019), referência adotada internacionalmente e exigida como prática obrigatória na indústria automotiva para a gestão preventiva de riscos em processos e projetos. O estudo parte de um ambiente real de produção e considera as seguintes etapas: plissagem do papel filtrante, colagem com adesivo hot melt, junção por termofusão, aplicação de vedações, gravação a laser e embalagem final. O método de priorização adotado será a matriz de Prioridade de Ação (PA), conforme recomendação atual do manual AIAG & VDA (2019).

A relevância desta pesquisa reside em sua aplicação direta à melhoria de processos produtivos críticos. Ao integrar a engenharia da qualidade com técnicas de gestão de risco, o estudo contribui para a produção de sistemas filtrantes mais confiáveis, compatíveis com os padrões internacionais e as exigências operacionais do setor automotivo.

## 1.1 OBJETIVOS

Para resolver a problemática relacionada à identificação e mitigação de falhas no processo de fabricação de filtros para motores a combustão, aplicados na indústria automotiva, propõem-se os seguintes objetivos:

### 1.1.1 Objetivo geral

Aplicar a técnica FMEA no processo de fabricação de filtros de motor a combustão, com foco na prevenção de falhas e na melhoria da confiabilidade desses componentes em sua aplicação em motores navais.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Compreender o funcionamento e os requisitos técnicos dos filtros aplicados a motores a combustão.
- Levantar e descrever as etapas do processo de fabricação de filtros em ambiente industrial.
- Aplicar a técnica FMEA conforme o modelo AIAG & VDA (2019) às etapas do processo.
- Identificar modos de falha potenciais, suas causas e efeitos.
- Classificar os riscos com base na quadro PA (Prioridade de Ação).

### 1.1.3 Escopo e limitações do trabalho

A aplicação da FMEA abordou o processo de fabricação de filtros automotivos desde o recebimento dos componentes até a expedição do produto final. A etapa de *injeção plástica* não foi analisada por ser de responsabilidade de outro setor da fábrica, o qual possui procedimentos e controles próprios. Dessa forma, essa operação foi apenas citada no fluxograma do processo, sem detalhamento na matriz PFMEA.

A metodologia foi conduzida até o Passo 5 – *Análise de Risco*, conforme o manual AIAG & VDA (2019). Assim, não foram propostas ações de otimização para redução da probabilidade de ocorrência dos modos de falha e/ou mitigação de seus efeitos, ficando essa etapa como recomendação para trabalhos futuros.

## 2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FILTROS AUTOMOTIVOS DE PAPEL TIPO INSERT

A confiabilidade nos processos industriais está diretamente relacionada à redução de falhas e à eficiência produtiva. Em ambientes fabris, especialmente naqueles ligados à produção de componentes críticos como filtros para motores à combustão, as falhas podem comprometer a qualidade final do produto, gerar desperdícios e impactar negativamente a cadeia logística. Tais aspectos são ainda mais sensíveis quando se trata da indústria automotivo, onde motores de grande porte demandam elevado desempenho e durabilidade dos componentes.

Os filtros do tipo insert, como ilustrado na Figura 1, são elementos substituíveis que operam inseridos em carcaças permanentes no sistema de filtração. Diferentemente dos filtros blindados, que são descartados integralmente, os inserts permitem a substituição apenas do elemento filtrante, promovendo benefícios ambientais e econômicos. Essa configuração também contribui para maior área útil de filtração, menor geração de resíduos e maior controle sobre o desempenho do sistema, aspectos essenciais em aplicações críticas.

Figura 1 – Filtro combustível



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

Neste capítulo, são descritas as principais etapas envolvidas na fabricação de filtros automotivos de papel tipo insert, com foco nas operações realizadas desde o recebimento de materiais até a embalagem final. A aborda-

gem busca evidenciar os pontos críticos do processo e contextualizar os riscos posteriormente analisados pela FMEA.

## 2.1 RECEBIMENTO, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAGEM DE MATERIAIS E INJEÇÃO

A cadeia logística interna inicia-se com o recebimento dos materiais, etapa responsável por garantir que os insumos entregues estejam de acordo com os requisitos técnicos e contratuais estabelecidos com os fornecedores. São verificados aspectos como integridade das embalagens, presença de avarias, validade e conformidade com a Nota Fiscal de Entrada (NFE). Os principais materiais recebidos incluem papel filtrante, tampas plásticas injetadas, vedações, adesivo hot melt e embalagens.

Após essa conferência, os materiais aprovados são movimentados internamente até os respectivos locais de armazenagem, obedecendo a critérios de segurança e ergonomia. Utilizam-se paleteiras, empilhadeiras e carrinhos para transporte até áreas setorizadas por tipo de material, com sinalização adequada.

O armazenamento interno é realizado de forma a garantir rastreabilidade e fácil acesso aos insumos, respeitando parâmetros definidos de empilhamento, ventilação e controle de temperatura quando necessário. Essa etapa é essencial para assegurar o fluxo contínuo da produção, reduzir desperdícios e evitar falhas associadas à má conservação de componentes, como deformações em vedações ou deterioração do papel filtrante.

Além disso, a organização eficiente do estoque permite melhor controle de validade, otimização de espaço físico e agilidade na reposição de materiais junto aos fornecedores. A adequada gestão dessa etapa logística contribui significativamente para a confiabilidade do processo produtivo, uma vez que qualquer falha no recebimento, movimentação ou armazenagem pode comprometer a qualidade do produto final.

As tampas plásticas injetadas, essenciais para a montagem dos filtros, são produzidas internamente pelo fabricante por meio de um processo de injeção de termoplásticos. Esse processo possui um fluxo produtivo independente, com

parâmetros e controles específicos, sendo analisado em uma FMEA própria. No presente estudo, a etapa de injeção é apenas referenciada na FMEA de Processos (PFMEA), já que o foco da análise concentra-se nas operações subsequentes ao recebimento das peças injetadas.

## 2.2 PLISSAGEM DE PAPEL

No contexto da fabricação de filtros automotivos, destaca-se a utilização de papel especial como meio filtrante. Esse papel é tratado com resinas que proporcionam maior resistência e durabilidade ao material, o que o torna adequado para aplicações em ambientes sujeitos a variações térmicas, umidade e pressão. Um aspecto fundamental desse processo é a conformação do papel por meio da plissagem, técnica que consiste na criação de dobras regulares ao longo do comprimento do elemento filtrante, como o ilustrado na Figura 2.

O processo de plissagem do papel filtrante inicia-se com a utilização de um rolo de papel em estado liso, que é desbobinado de forma contínua. A primeira etapa envolve o correto alinhamento e tensionamento do material, garantindo estabilidade no avanço da folha ao longo do equipamento. Em seguida, o papel é submetido a um pré-aquecimento controlado, que tem como finalidade preparar as fibras e as resinas presentes em sua composição para as etapas posteriores. Após o aquecimento, são aplicadas marcações conhecidas como *embossing* (ilustrado na Figura 3), que consistem em pequenas impressões no papel que servem como relevos para garantir que as faces do papel não se juntem com a pressão, na condição de carga de poeira. Após o *embossing*, é feita a plissagem por meio de rolos.

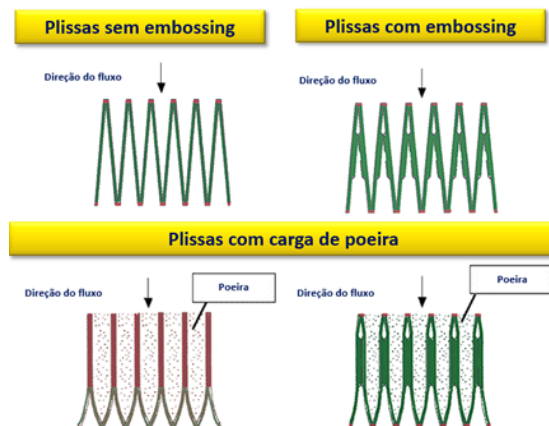
Figura 2 – Formas do papel



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

Segundo a Ahlstrom (2022), a utilização de papéis filtrantes com tratamentos químicos adequados e gramatura padronizada contribui significativamente para a resistência mecânica e a uniformidade das pregas, reduzindo a perda de carga e aumentando a eficiência de separação de partículas, fatores essenciais em sistemas críticos como os motores navais.

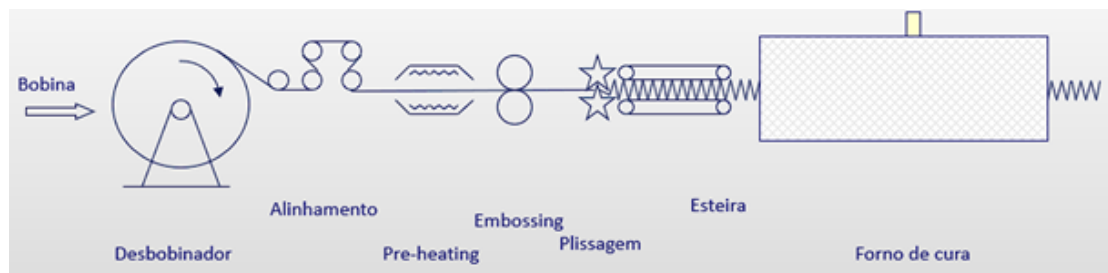
Figura 3 – Diferenças com embossing



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

A etapa final do processo compreende a passagem do papel por um forno de cura, onde ocorre o endurecimento das resinas presentes na estrutura do material. Na Figura 4 é possível visualizar as etapas do processo. Essa cura térmica tem como objetivo fixar o formato plissado, conferindo estabilidade dimensional e resistência mecânica ao meio filtrante. A qualidade desse processo influencia diretamente o desempenho do filtro durante sua operação, tornando o controle do processo um fator crítico para a confiabilidade do produto final.

Figura 4 – Etapas do processo



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

Algumas falhas no produto decorrentes de problemas nesse processo devem ser consideradas, pois impactam diretamente a qualidade e a eficiência do produto final. Entre as principais, destacam-se:

- **Papel processado com pistas destacadas:** Velocidade da esteira elevada.
- **Papel não curar ou curar excessivamente:** Colocar a velocidade do forno ou temperatura incorreta.
- **Processar a bobina errada:** Não confrontar a etiqueta com a medida padrão da bobina.

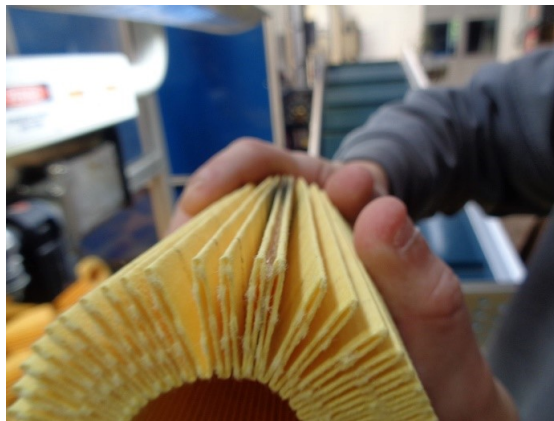
### 2.3 COLAGEM DO PAPEL

A colagem do papel filtrante Figura 5, pode ser executada por diferentes métodos, variando conforme o tipo de filtro e o equipamento disponível na linha de produção. Independentemente da técnica empregada, é fundamental garantir que o adesivo utilizado seja quimicamente compatível com o fluido que será filtrado. Em aplicações no sistema de combustível, por exemplo, é necessário empregar colas com alta resistência à ação de hidrocarbonetos, a fim de preservar a integridade estrutural da junção ao longo da vida útil do filtro.

A escolha do adesivo deve levar em conta a temperatura de operação, o tipo de combustível, o tempo de cura e o método de aplicação. Segundo estudos do setor Hot Melt Glue Industrial Solutions (2023), adesivos hot-melt

reativos à base de poliuretano são amplamente utilizados na indústria automotiva, eles oferecem excelente resistência térmica, química e mecânica, incluindo exposição a combustíveis, além de suportar ciclos de cura contínuos . Carlson (2012) também reforça que a falha de adesão é uma das principais causas de comprometimento funcional em sistemas de filtração automotiva.

Figura 5 – Papel colado.



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

Falhas no processo de colagem podem comprometer significativamente a eficiência do componente e, em alguns casos, causar falha funcional. Entre os principais efeitos identificados decorrentes de desvios nesse processo estão:

- **Papel colado com deslocamento vertical entre as plissas:** Altura do carro incorreta (roller edge), ilustrado na Figura 6
- **Papel colado com deslocamento horizontal entre as plissas:** Inclinação da face do pirulito que empurra o papel incorreta, ilustrado na Figura 7
- **Papel sem cola:** Falta de abastecimento do coleiro.
- **Excesso de cola:** Falta de ajuste do bico da cola.

Figura 6 – Deslocamento vertical.



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

Figura 7 – Deslocamento horizontal.



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

## 2.4 VEDAÇÕES

A aplicação de vedações em filtros automotivos é uma etapa crítica no processo de montagem, pois sua correta instalação garante a estanqueidade do sistema. Embora este processo possa ser automatizado em algumas linhas de produção, ele é comumente realizado de forma manual, principalmente em modelos que exigem ajustes personalizados ou em fábricas com menor nível de automação. A função principal da vedação é garantir que todo o fluido passe

exclusivamente pelo elemento filtrante, impedindo vazamentos e assegurando a eficiência do conjunto.

Dentre as falhas que podem ocorrer nesse processo, destacam-se erros operacionais como o uso de material incorreto ou a inserção da vedação em posição inadequada, o que pode comprometer a estanqueidade do conjunto. Esses desvios geralmente estão associados à variabilidade humana, à ausência de padronização nos procedimentos e à falta de dispositivos auxiliares que orientem a aplicação correta da vedação. Stamatis (2014) reforça que a identificação de modos de falha relacionados à vedação, como a seleção inadequada de material ou falhas na instalação, deve ser considerada na FMEA de processo, uma vez que esses modos estão associados à alta severidade.

Segundo Mikulak et al. (2009), falhas que causam vazamento em sistemas de vedação estão entre os principais fatores que comprometem a confiabilidade de filtros em aplicações críticas, como motores de grande porte. Nesse sentido, a correta instalação da vedação torna-se uma etapa estratégica no processo de montagem, uma vez que erros podem resultar em falhas funcionais durante a operação do equipamento.

A adoção de instruções de trabalho (JI – Job Instructions) bem elaboradas, com imagens e parâmetros operacionais claros, é essencial para mitigar falhas nesta etapa. Além disso, a verificação visual e dimensional das vedações deve fazer parte dos controles de qualidade estabelecidos.

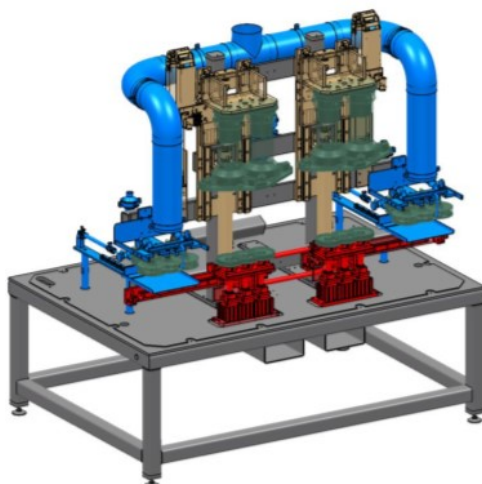
## 2.5 JUNÇÃO TAMPAS E PAPEL

A união das extremidades do papel plissado com as tampas do filtro pode ser realizada por diferentes métodos, como a aplicação de adesivos específicos. No entanto, visando maior padronização e robustez do processo produtivo, é comum a adoção da técnica de junção térmica. Esse método é executado por meio de uma máquina de termofusão, que aplica calor e pressão controlada para fixar o papel às tampas, assegurando uma vedação eficaz e durável.

A junção por termofusão oferece vantagens significativas em relação a outros métodos, como a redução do tempo de ciclo, menor variabilidade no

processo e eliminação do uso de colas que possam apresentar sensibilidade à composição química do fluido filtrado. Como destaca Carlson (2012), a compatibilidade química entre os componentes é um fator determinante para a confiabilidade de sistemas de filtração, o que reforça a escolha dessa técnica em processos que exigem alto desempenho e segurança.

Figura 8 – Exemplo de termofusão



Fonte: HENGST(2025).

Segundo Mikulak et al. (2009), processos de união térmica devem ser monitorados quanto à pressão e à temperatura de aplicação, pois variações nesses parâmetros podem resultar em perda de vedação ou deformação do material. Na indústria de motores navais, falhas nesta etapa podem comprometer não apenas a filtração, mas também o desempenho do sistema de propulsão.

Figura 9 – Falta de inserção do papel na tampa



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

Durante o processo de junção térmica entre o papel plissado e as tampas dos filtros, podem ocorrer diversas falhas que comprometem a integridade e o desempenho do produto final. Entre as principais falhas observadas, destacam-se:

- **Solda entre tampa e papel ineficaz:** Montar conjunto de tubos internos e limitadores errados.
- **Abastecer os componentes errados na termofusão:** Não verificar a identificação dos componentes.
- **Cilindro de inserção não desloca corretamente, não penetrando a tampa no papel.:** Falha na rede pneumática.

## 2.6 ESPUMA DE VEDAÇÃO

Em determinados modelos de filtros automotivos, especialmente do tipo insert, como os utilizados em sistemas de lubrificação ou combustível, é possível identificar a presença de uma espuma aplicada ao redor do elemento filtrante. Essa espuma cumpre funções técnicas para o desempenho do conjunto, sendo considerada um componente funcional e não meramente estrutural. Sua utilização, no entanto, varia conforme o projeto do filtro, o tipo de aplicação (óleo, combustível ou ar) e os requisitos do sistema motor ou bomba.

Para garantir a fixação da espuma à estrutura do filtro, é comum o uso de adesivos hotmelt, especialmente formulados para suportar variações térmicas e contato com hidrocarbonetos. Os adesivos hotmelt são termoplásticos que, ao serem aquecidos, tornam-se líquidos, permitindo sua aplicação precisa entre a espuma e o corpo do filtro. Após o resfriamento, solidificam-se, promovendo uma ligação firme e resistente.

Segundo Carlson (2012), a escolha do adesivo deve levar em conta a compatibilidade com o material da espuma, o tempo de cura, a resistência à temperatura e a exposição a óleos ou combustíveis. Em filtros utilizados em motores de combustão interna, essas variáveis são críticas para garantir a durabilidade e a integridade estrutural do componente ao longo do seu ciclo de vida.

É importante destacar que nem todos os modelos de filtros contam com esse tipo de espuma. Sua adoção está condicionada aos requisitos técnicos de cada projeto, custo-benefício e exigências normativas ou de desempenho. A seguir algumas dessas funções são apresentadas.

### **2.6.1 Vedação Radial**

A principal função da espuma é atuar como elemento de vedação radial entre o filtro e o alojamento (housing). Quando o filtro é inserido no copo ou cabeçote do sistema, a espuma se comprime de forma controlada, preenchendo eventuais folgas e evitando que o fluido contorne o meio filtrante (bypass). Esse mecanismo garante que todo o fluxo passe obrigatoriamente pelo papel filtrante, assegurando a eficiência do sistema de filtração.

### **2.6.2 Absorção de Vibrações e Ruídos**

Outra contribuição relevante da espuma é a absorção de vibrações e ruídos provenientes do funcionamento do motor ou bomba. Durante o ciclo de operação, o filtro pode ser submetido a vibrações mecânicas, movimentos oscilatórios e variações de temperatura. A espuma atua como isolante mecânico, amortecendo essas vibrações e protegendo tanto o elemento filtrante quanto as interfaces do alojamento.

Além disso, a redução de ruído é um benefício colateral importante, especialmente em veículos que exigem baixos níveis de NVH (Noise, Vibration and Harshness), como automóveis de passeio e embarcações de alto desempenho.

### **2.6.3 Auxílio no Encaixe e na Desmontagem**

A espuma também possui um papel auxiliar no encaixe e na desmontagem do filtro. Ao ser comprimida, ela oferece um leve efeito de centralização, guiando corretamente o filtro para dentro do alojamento durante a montagem. Esse comportamento é especialmente importante para garantir o posicionamento correto em sistemas sem rosca ou trava mecânica.

No momento da remoção, a força de retorno elástica da espuma reduz o atrito entre o filtro e o alojamento, permitindo uma desmontagem mais limpa, sem danos ao copo ou ao próprio elemento filtrante.

## 2.7 GRAVAÇÃO E EMBALAGEM

A gravação dos filtros automotivos, realizada por meio de tecnologia a laser, tem como objetivo principal garantir a identificação do modelo e a rastreabilidade do processo produtivo. Essa etapa é essencial para o controle da qualidade, pois permite o registro de informações como código do produto, data de fabricação, turno de produção e número do lote. Tais informações possibilitam, em caso de falha, rastrear rapidamente a origem do problema, facilitando a identificação da causa e a implementação de ações corretivas e preventivas. Conforme observado por Mikulak et al. (2009), a rastreabilidade desempenha papel fundamental nos sistemas modernos de qualidade, ao possibilitar respostas rápidas a desvios no processo e assegurar a integridade de toda a cadeia produtiva.

Apesar de ser uma etapa altamente automatizada, podem ocorrer falhas como marcação incompleta, desalinhamento do código ou ausência total da gravação, o que compromete o rastreamento e pode impactar diretamente a confiabilidade do produto. Esses desvios geralmente estão ligados a falhas na calibração do equipamento ou falhas de reconhecimento entre o sistema e os dispositivos de marcação.

Na etapa de embalagem, o processo é realizado manualmente. Os operadores são responsáveis por acondicionar o filtro e o anel de vedação (*O'ring*) nas caixas unitárias, seguindo para o processo de enfardamento. Após a embalagem individual, as caixas são agrupadas em fardos utilizando plástico termorretrátil, que, ao ser aquecido, molda-se ao redor das caixas, garantindo proteção adequada durante o transporte e armazenamento.

Figura 10 – Caixa, O’ring e filtro



Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

Por fim, os fardos são organizados em paletes e encaminhados ao setor de expedição, de onde serão distribuídos aos clientes. Essa etapa exige atenção às condições do empacotamento, como integridade do filme plástico, quantidade correta de itens por fardo e identificação apropriada do lote, visando assegurar a rastreabilidade e conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos.

Entretanto, algumas falhas também podem ocorrer nesse processo, comprometendo a qualidade do produto e o cumprimento dos padrões de produção. As falhas mais comuns incluem:

- **Falta de o’ring na caixa:** Não colocar O’ring na caixa.
- **Quantidade de unidades por fardo fora do especificado:** Colocar a quantidade de elementos diferente do solicitado.
- **Gravação com posicionamento errado:** Esteira não centralizada.

### 3 ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (FMEA)

A FMEA é uma técnica que visa identificar possíveis falhas em produtos ou processos antes que elas ocorram, analisando os modos pelos quais essas falhas podem surgir, suas causas e consequências. A aplicação da FMEA permite classificar os riscos associados às falhas por regras de associação dos fatores, como a Prioridade de Ação (PA), que combina três fatores: severidade, ocorrência e detecção.

A FMEA teve sua origem no departamento de defesa dos Estados Unidos, e teve sua primeira publicação no procedimento militar norte-americano MIL-P-1629 "Procedures for Performing a Failure Modes, Effects and Criticality Analysis", de 9 November 1949 – já descontinuado. Também teve publicações em outros setores como:

- **Aeroespacial:** NASA TM-X-65227 (1966);
- **Aeronáutico:** SAE ARP926 (1967);
- **Automotivo:** IEC 60812 (1985).

No que se refere aos filtros para motores a combustão, a aplicação da FMEA é compulsória para motores automotivos para se adequar às exigências da IATF 16949 (IATF, 2016).

Stamatis (2003) destaca que a FMEA é uma técnica proativa, voltada à prevenção de problemas e à melhoria da qualidade, devendo ser aplicada preferencialmente em fases iniciais de projeto ou no acompanhamento de processos críticos. Essa abordagem facilita a priorização de recursos e esforços na resolução das falhas mais significativas, aumentando a confiabilidade e a eficiência operacional.

Além de sua aplicação geral, a técnica FMEA possui diferentes variações, cada uma adequada a uma fase específica do ciclo de vida do produto. O Manual FMEA da AIAG & VDA (2019) as classifica em: FMEA de Projeto

(DFMEA), FMEA de Processo (PFMEA) e Monitoramento e Resposta do Sistema (FMEA-MSR). Cada uma delas possui características e objetivos distintos, porém complementares.

A DFMEA é aplicada na fase de desenvolvimento do produto, com foco em prever e mitigar falhas que possam surgir devido ao projeto em si. Isso inclui aspectos como a seleção de materiais, geometrias, tolerâncias dimensionais e interfaces entre componentes. Mikulak et al. (2009) ressaltam que essa modalidade busca garantir que o produto, ainda na fase de concepção, seja robusto o suficiente para atender às exigências funcionais e de segurança do cliente. Sua aplicação contribui para reduzir retrabalhos futuros e aumentar a confiabilidade do produto desde sua origem.

Já a PFMEA, utilizada neste trabalho, é direcionada ao processo de fabricação. Seu objetivo é identificar possíveis falhas que possam ocorrer durante as etapas produtivas, como montagem, colagem, gravação ou embalagem. A PFMEA permite antecipar falhas relacionadas à variabilidade de métodos, materiais, máquinas e mão de obra, também conhecidos como os quatro “M” do processo. Carlson (2012) destaca que essa abordagem auxilia diretamente na padronização dos procedimentos e na busca contínua por qualidade, ao reduzir a incidência de defeitos oriundos do próprio processo fabril.

Por fim, a FMEA-MSR é uma abordagem introduzida no manual AIAG & VDA (2019) e voltada a produtos que possuem sistemas de monitoramento em tempo real, como sensores e atuadores inteligentes. Esse tipo de FMEA avalia como o sistema responde a uma falha durante sua operação, especialmente em produtos que operam de forma autônoma ou em condições críticas. A intenção é assegurar que, mesmo diante de uma falha detectada em uso, o sistema seja capaz de mitigar os riscos automaticamente ou alertar o operador, garantindo a segurança funcional do produto.

Assim, cada tipo de FMEA desempenha um papel estratégico dentro do ciclo de vida do produto. A escolha da abordagem mais adequada depende do foco da análise, se está no projeto (DFMEA), no processo (PFMEA) ou no comportamento em operação (FMEA-MSR). Neste trabalho, a abordagem PFMEA foi adotada por sua aplicabilidade direta na análise e melhoria das etapas de fabricação dos filtros automotivos, com vistas à aplicação em motores

de grande porte.

Essa classificação permite um tratamento mais preciso dos riscos, adaptando a análise FMEA às diferentes fases do ciclo de vida do produto, como destacado por Stamatis (2003), em “Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution”. A escolha da FMEA justifica-se não apenas por sua efetividade em ambientes industriais complexos, mas também por ser uma exigência normativa no setor automotivo, conforme estabelecido por normas como a IATF – International Automotive Task Force (2016), que recomenda a aplicação de ferramentas da qualidade para prevenção de falhas ao longo do processo produtivo. A coleta de dados foi realizada por meio da observação direta da linha de produção, entrevistas informais com operadores e supervisores, bem como pela análise de registros históricos de não conformidades e retrabalhos. Também foram considerados documentos internos da empresa, como planos de controle da qualidade, relatórios de produção e procedimentos operacionais padrão.

De acordo com o manual AIAG & VDA (2019), a PFMEA deve ser aplicada em sete etapas: (1) planejamento e preparação; (2) análise estrutural; (3) análise funcional; (4) análise de falhas; (5) análise de risco; (6) otimização; e (7) documentação dos resultados. Essa estrutura busca alinhar expectativas entre cliente e fornecedor, melhorar a padronização da análise e facilitar a identificação de ações preventivas. Mikulak et al. (2009) ressaltam que a eficácia da FMEA depende do conhecimento técnico da equipe envolvida e da clareza na definição dos limites do processo. A avaliação correta da severidade, ocorrência e capacidade de detecção é fundamental para evitar que riscos críticos passem despercebidos. Cada uma dessas etapas é descrita nas seções a seguir, com base na adaptação da técnica ao processo real de produção dos filtros.

Por fim, a FMEA aplicada a processos de fabricação como o de filtros automotivos é uma ferramenta estratégica para reduzir retrabalho, aumentar a confiabilidade e garantir a segurança em aplicações críticas. Quando bem conduzida, ela contribui não apenas para a qualidade do produto, mas também para a maturidade do sistema produtivo.

### 3.1 PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO

Esta etapa tem como objetivo definir o escopo da análise, a equipe participante, o foco técnico, os prazos e os critérios de avaliação. Segundo o manual AIAG & VDA (2019, p. 26), “esta fase inicial estabelece as bases para o sucesso do projeto FMEA e deve ser conduzida com atenção ao alinhamento entre os objetivos da equipe e as expectativas do cliente”.

O escopo está delimitado ao processo de fabricação de filtros automotivos destinados a motores navais, com foco nas etapas de plissagem, colagem, termofusão, vedação, gravação e embalagem. A equipe envolveu profissionais das áreas de engenharia, qualidade, manutenção e operadores experientes, conforme recomendado pelo manual, que sugere a participação de especialistas com conhecimento técnico e prático do processo analisado.

Conforme o AIAG & VDA (2019), a participação de especialistas de diferentes áreas é essencial para garantir a abrangência da análise e assegurar que os riscos sejam avaliados sob diversas perspectivas. A coleta de informações foi realizada por meio de observações in loco, entrevistas informais com operadores e supervisores, além da análise de registros de não conformidades, retrabalhos e documentos internos da organização, como planos de controle, instruções de trabalho e relatórios de produção.

De acordo com AIAG & VDA (2019), essa fase é essencial para garantir que os objetivos da análise estejam alinhados com as expectativas das partes interessadas, além de assegurar que os recursos necessários estejam disponíveis para a implementação das ações corretivas sugeridas nas etapas seguintes.

Nesta fase, são preenchidos os campos iniciais da planilha FMEA:

- Identificação do projeto.
- Limites de análise.
- Observações.
- Base para o passo “Análise da Estrutura”

## 3.2 ANÁLISE ESTRUTURAL

A segunda etapa da FMEA, denominada análise estrutural, consiste em mapear e organizar logicamente os elementos e subprocessos que compõem o processo analisado. Essa decomposição hierárquica tem como objetivo facilitar a compreensão do fluxo produtivo e a identificação dos pontos críticos em que podem ocorrer falhas. No contexto deste estudo, a estrutura do processo de fabricação de filtros automotivos foi dividida em seis macroetapas, representando as fases fundamentais da produção:

- Plissagem do papel.
- Colagem do papel filtrante.
- Junção das tampas e papel por termofusão.
- Aplicação de vedações.
- Gravação a laser.
- Embalagem final.

Conforme orienta o manual da AIAG & VDA (2019), a etapa de análise estrutural tem como objetivo definir a estrutura de análise, os níveis do processo e a relação entre seus elementos. A definição clara dessa estrutura é fundamental para garantir a rastreabilidade dos modos de falha até suas causas, especialmente em processos complexos ou com múltiplas interfaces, como é o caso da fabricação de filtros técnicos para motores navais.

No Quadro 1, os campos correspondentes são:

- 1. Item do Processo Elemento do processo.
- 2. Etapa do Processo.
- 3. Elemento do Trabalho do Processo.

Quadro 1 – Análise da estrutura

Melhoria Contínua	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 1)		
Histórico / Autorização da mudança (Como aplicável)	1. Item do Processo	2. Etapa do Processo	3. Elemento do Trabalho do Processo
	O nome do processo que está sendo analisado, ex: linha de montagem do motor elétrico, que é o resultado final de todas as etapas do processo concluídas com sucesso. Pode ser também um processo de manufatura indireto, por ex.: Embarque	A operação ou estação a ser analisada que produz o item de processo. Ex.: OP30 Processo de prensagem de bucha sinterizada	Use o 4M's para identificar os tipos de variação que influenciam a operação ou estação sendo analisada.  Tipo de 4M: Mão de Obra, Máquina, Material, Meio Ambiente  Liste um único M em cada linha. Tipos podem variar a critério da organização.

Fonte: Formulário conforme Manual AIAG & VDA (2019).

O fluxograma funcional correspondente, apresentado no Apêndice A, foi utilizado como base para esta análise estrutural e serviu como referência para o desenvolvimento das próximas etapas do método de aplicação da FMEA adotado pela AIAG & VDA (2019).

### 3.3 ANÁLISE FUNCIONAL

A análise funcional tem como objetivo identificar e descrever as funções esperadas de cada etapa, componente ou operação do processo produtivo, considerando tanto os aspectos principais quanto os auxiliares. Esta etapa é essencial para conectar o desempenho técnico desejado às potenciais falhas analisadas posteriormente.

Conforme orienta o manual AIAG & VDA (2019), a descrição das funções deve priorizar as necessidades tanto do cliente interno quanto do externo, levando em conta o que se espera de cada elemento do processo, suas características de produto e de processo, bem como as formas pelas quais essas funções podem ser comprometidas. Essa análise deve abranger os três níveis funcionais apresentados no Quadro 2.

- **Função do item do processo:** função global do sistema analisado;

- **Função da etapa do processo e característica do produto:** resultado esperado de cada operação ou fase do processo;
- **Função do elemento do trabalho do processo e característica do processo:** aquilo que se espera de cada recurso específico utilizado na operação.

Essa abordagem permite construir uma visão clara e organizada das funções envolvidas, facilitando a identificação de desvios. Conforme defendido por Mikulak et al. (2009), entender o que é esperado de cada etapa e como isso se relaciona com o desempenho final do produto é um passo fundamental para uma FMEA bem conduzida.

As descrições funcionais devem ser afirmativas, objetivas e, sempre que possível, mensuráveis. A violação de uma dessas funções leva diretamente à caracterização de um modo de falha. Como reforça Stamatis (2003), funções mal definidas resultam em falhas mal compreendidas, o que compromete a confiabilidade de toda a análise.

Além disso, a análise funcional pode ser enriquecida com base nos chamados 4M de Ishikawa (1986): Máquina, Meio ambiente, Mão de obra e Material. Esses elementos representam fontes típicas de variação em processos produtivos e ajudam a estruturar a lógica entre o que se espera do processo e o que pode sair do controle. Por exemplo, pode-se considerar a máquina (como a plissadeira ou a gravadora a laser), o ambiente (como a necessidade de desumidificação), a mão de obra (nível de capacitação do operador) e o material (qualidade do papel filtrante ou do adesivo).

Essas definições funcionais devem ser afirmativas e mensuráveis, pois servirão de referência direta para os modos de falha identificados na etapa seguinte. A violação de uma função afirmativa leva diretamente à caracterização de uma falha. Na prática, exemplos incluem:

- A função de plissagem é de transformar a bobina em papel plissado, curado e cortado nas especificações do filtro.
- A função de gravação é permitir rastreabilidade legível do lote, como exigido por normas de controle de qualidade.

## Quadro 2 – Análise da função

ANÁLISE DA FUNÇÃO (PASSO 2)		
1. Função do item do processo	2. Função da Etapa do Processo e Característica do Produto	3. Função do Elemento do Trabalho do Processo e Característica do Processo
<p>Uma descrição do que é esperado do item do processo, dividido em várias categorias.</p> <p>Algumas categorias podem ser desconhecidas e listadas como N/A</p> <p>Essas expectativas podem ser listadas após completar os Efeitos de Falha (FE)</p> <p>Estes resultados esperados podem aplicar-se item do processo completo, por ex.: linha de montagem motor elétrico</p>	<p>Uma descrição do que a operação ou estação deve realizar, ex.: bucha sinterizada na posição axial na carcaça do motor</p> <p>Esta é a característica do produto que é afirmativa e deve ser detectável/mensurável no produto após o produto ser produzido.</p> <p>O modo de falha ou os modos de falha serão a negativa da característica positiva do produto.</p>	<p>Uma descrição afirmativa de como o trabalho é concluído, incluindo a característica afirmativa do processo relacionada a cada 4M.</p> <p>A negativa destas afirmativas serão usadas na coluna Causa da Falha. Quanto mais detalhes forem usados aqui, mais afirmativas, mais causas da falha serão produzidas.</p> <p>Valores quantitativos/especificação é opcional, consulte os documentos do processo. Exemplos: força de prensagem, temperatura de máquina, velocidade, etc. As características do processo são medidas quando o processo está em andamento.</p>

Fonte: B2.3 Dicas para o Formulário PFMEA: Passo 1 AIAG & VDA (2019, p. 179).

### 3.4 ANÁLISE DE FALHAS

Com base nas funções descritas na etapa anterior, a análise de falhas tem como objetivo identificar os modos pelos quais essas funções podem deixar de ser cumpridas, bem como suas possíveis causas e os efeitos associados. Essa etapa é essencial para entender como falhas podem surgir ao longo do processo e orientar a priorização de riscos. Stamatis (2003) destaca que identificar o que pode dar errado, antes que aconteça, é o verdadeiro propósito de uma abordagem preventiva.

Cada função afirmativa pode ser comprometida por diferentes mecanismos, originando um modo de falha. Esse modo, por sua vez, pode ter diversas causas e provocar efeitos variados, dependendo do contexto em que ocorre. Conforme destaca Carlson (2012), é fundamental diferenciar claramente o modo de falha de sua causa, de forma que esta última possa ser vinculada a um fator controlável dentro do processo, possibilitando a adoção de ações corretivas eficazes.

Cada modo de falha foi descrito com clareza, acompanhado de seu respectivo efeito sobre o produto (por exemplo, perda de filtragem, falha de vedação,

impossibilidade de rastreamento) e das causas potenciais (por exemplo, falha operacional, parâmetros de máquina incorretos, abastecimento de materiais incorretos).

Conforme exemplificado no Quadro 3, os campos da planilha FMEA preenchidos nesta etapa são:

- **Efeito da Falha:** impacto direto no produto, no processo ou no cliente;
- **Severidade (S):** grau do impacto, conforme escala padronizada;
- **Modo de Falha:** forma pela qual a função pode não ser atendida;
- **Causa Potencial da Falha:** motivo técnico ou operacional da ocorrência;

Efeitos da falha recebem uma nota de “Severidade” conforme sua Planta (Efeitos de falha detectados na planta de operação), Planta de envio (Efeitos de falha previstos na planta da próxima operação), Usuário final (Efeitos de falha que o usuário final perceberá). Essas informações são a base sobre a qual será construída, na próxima etapa, a Análise de Risco, onde serão avaliados os controles existentes e atribuídos os índices de severidade, ocorrência e detecção.

Quadro 3 – Análise de falhas

ANÁLISE DE FALHA (PASSO 3)			
1. Efeitos da Falha (EF)	Severidade (S) do EF	2. Modo de Falha (MF) da Etapa do Processo	3. Causa da Falha (CF) do Elemento do Trabalho
<p>Como o veículo, sistema e subsistema poderia falhar ao executar a função descrita no próximo nível superior.</p> <p>Ao analisar os efeitos, considere os itens listados em “Função do Item de Process” e o “Modo de Falha” e como eles podem afetar as 3 áreas sendo consideradas (Sua planta, planta de envio, usuário final). Recomenda-se listar a classificação de Severidade ao lado de cada uma das 3 áreas (Sua planta, planta de envio, usuário final), sendo consideradas e usar a Classificação mais alta para a Severidade. O usuário final, pode nem sempre ter a maior pontuação de Severidade.</p>	C2.1 SEVERIDADE DO PFMEA	<p>O modo de falha deve ser detectável/mensurável no produto (defeito).</p> <p>O modo de falha será a negativa ou as negativas da Característica afirmativa do produto.</p>	<p>A Causa da Falha é a negativa da afirmação listada na “Função do Elemento do Trabalho do Processo e Característica do Processo”</p> <p>A causa deve ser detectável no processo (erro) e levar ao Modo de Falha.</p>

Fonte: B2.2 Dicas para o Formulário PFMEA: Passo 2 AIAG & VDA (2019, p. 179).

### 3.5 ANÁLISE DE RISCO

A etapa de análise de risco visa priorizar os modos de falha identificados a partir da avaliação de três critérios tradicionais da FMEA: Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D). Esses índices permitem classificar as falhas de forma objetiva, orientando as decisões sobre a necessidade de ações corretivas ou preventivas. De acordo com o manual AIAG & VDA (2019), essa análise consiste em avaliar sistematicamente os modos de falha com base no impacto potencial, na probabilidade de ocorrência e na capacidade atual de detecção antes da liberação do produto ou processo ao cliente.

Os valores atribuídos aos critérios S, O e D seguem as relações de pontuação do manual AIAG & VDA (2019), disponíveis nos Anexos A, B e C. Com base nesses critérios, cada falha é classificada por meio dos seguintes conceitos:

- **Severidade (S):** avalia a gravidade do efeito da falha sobre o cliente ou o produto. A escala vai de 1 (sem impacto perceptível) a 10 (efeito perigoso ou crítico);
- **Ocorrência (O):** indica a frequência com que a causa da falha pode ocorrer no processo. Atribui-se um valor entre 1 (evento raro) e 10 (muito frequente);
- **Detecção (D):** representa a capacidade dos controles atuais de identificar a falha antes que ela chegue ao cliente. Vai de 1 (detecção quase certa) a 10 (detecção improvável);

Anteriormente, esses três índices eram multiplicados para gerar o Número de Prioridade de Risco (RPN), que servia como métrica principal para a priorização de falhas. Conforme discutido por Mikulak et al. (2009), o RPN se mostra eficaz quando é utilizado em conjunto com critérios técnicos e a experiência prática da equipe, devendo ser atualizado sempre que forem implementadas ações corretivas.

No entanto, a partir da 1ª edição do AIAG & VDA (2019), o modelo de avaliação foi reformulado: o RPN deixou de ser o parâmetro principal e passou

a ser substituído pela Prioridade de Ação (PA), Anexo 6 que utiliza uma matriz cruzando os índices escalando atribuições de cada nota de Severidade para uma nota de Ocorrência e, posteriormente, atribuindo uma nota de Detecção para determinar o nível de atenção necessário para cada falha. Essa abordagem estabelece uma forma clara e padronizada de identificar quais modos de falha devem ser priorizados, considerando simultaneamente os três fatores. A PA classifica os riscos em três categorias:

- **Alta prioridade (A):** Exige ação imediata ou justificativa técnica robusta para não agir;
- **Média prioridade (M):** Recomenda-se ação, mas é possível manter com justificativa técnica documentada;
- **Baixa prioridade (B):** Ações podem não ser necessárias, desde que a decisão seja registrada e fundamentada;

Essa nova abordagem proporciona uma tomada de decisão mais contextualizada e menos automática do que a aplicação direta do RPN, devendo ser associada ao julgamento técnico da equipe responsável. Além dos índices S, O e D, essa etapa inclui a análise dos controles de prevenção e detecção já implementados no processo. De acordo com o AIAG & VDA (2019), esses controles devem ser descritos considerando as ações atualmente em vigor para evitar ou identificar a causa raiz da falha, não incluindo medidas futuras.

- **Controles de Prevenção:** têm como objetivo reduzir a ocorrência da causa da falha. Ex.: sensores de posição, padronização de setup, treinamentos específicos.
- **Controles de Detecção:** visam identificar o modo de falha antes que ele chegue ao cliente. Ex.: inspeções visuais, testes funcionais, checklists operacionais, câmeras e sensores.

### Quadro 4 – Análise de risco

ANÁLISE DO RISCO (PASSO 4)						
Controle Atual de Prevenção (CP) da CF	Ocorrência (O) da CF	Controles Atuais de Detecção (CD) da CF ou MF	Detecção (D) da CF/MF	PA PFMEA	Características Especiais	Código para Filtro
Estado inicial - controles passados e comprovados e/ou controles já empenhados.	C2.2 OCORRÊNCIA DO PFMEA	Estado inicial controles passados comprovados e/ou controles já empenhados.	C2.4 DETECÇÃO DO PFMEA	A M B NA	CC	

Fonte: B2.3 Dicas para o Formulário PFMEA: Passo 3 AIAG & VDA (2019, p. 180).

Conforme exemplificado no Quadro 4, os campos da planilha FMEA preenchidos nesta etapa incluem:

- Controles de Prevenção (CP);
- Ocorrência (O);
- Controles de Detecção (CD);
- Detecção (D);
- PA – Prioridade de Ação;
- Código do Produto e Características Especiais (se aplicável);

### 3.6 OTIMIZAÇÃO

A etapa de Otimização tem como objetivo definir e planejar ações corretivas ou preventivas voltadas aos modos de falha classificados como críticos na análise de risco. A partir da Prioridade de Ação (PA) e dos valores de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), identificam-se oportunidades de melhoria destinadas a reduzir os riscos do processo. Conforme o manual AIAG & VDA (2019), essas ações devem focar nas causas mais prováveis das falhas, priorizadas pela sua criticidade, buscando diminuir a ocorrência, aprimorar a detecção ou minimizar os efeitos. As medidas propostas podem abranger diferentes tipos, tais como:

- Alterar parâmetros de processo;
- Implementar novos controles de detecção;

- Substituir materiais ou fornecedores;
- Revisar métodos de trabalho ou capacitar a equipe.

### Quadro 5 – Otimização

Ação de Prevenção	Ação de Detecção	Nome da Pessoa Responsável	Data Planejada para Finalização	Situação	OTIMIZAÇÃO (PASSO 6)				Característica Especial do Produto	PA PFMEA	Observações	
					Ação Tomada com o apontamento de Evidências	Data da Finalização	Severidade (S)	Ocorrência (O)				Detecção (D)
Ações adicionais necessárias para reduzir a ocorrência	Ações adicionais necessárias para melhorar a detecção	Nome (não o cargo, ou departamento)	mm/aa ou dd/mm/aa	Aberta Pendente Concluída Descartada	Descrição da ação tomada e número do documento, nome e data do relatório, etc.	mm/aa ou dd/mm/aa				CC SC	A M B NA	Para uso da equipe da PFMEA

Fonte: B2.6 Dicas para o Formulário PFMEA: Passo 3 AIAG & VDA (2019, p. 181).

Conforme exemplificado no Quadro 5, os campos da planilha FMEA que integram esta etapa são:

- Ações Recomendadas (descrição da medida corretiva ou preventiva);
- Responsável pela Ação;
- Prazo de Implementação;
- Status de Execução;
- Reavaliação de S, O e D após a implementação;

No presente trabalho, a etapa de Otimização não será aplicada na prática, uma vez que seu desenvolvimento requer o acompanhamento de dados operacionais ao longo do tempo, bem como a validação de ações por meio de testes e medições contínuas. Como este estudo tem como objetivo principal a estruturação e elaboração da PFMEA do processo de fabricação de filtros automotivos, a fase de Otimização é descrita apenas em caráter teórico, como parte do método de aplicação da FMEA adotado pela AIAG & VDA (2019).

### 3.7 DOCUMENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Encerrando o ciclo da técnica PFMEA, a etapa de documentação dos resultados tem como objetivo consolidar as informações obtidas durante toda a

análise, de forma estruturada, rastreável e tecnicamente válida. Esse registro é fundamental para assegurar a transparência do processo, preservar o histórico das decisões tomadas e possibilitar atualizações contínuas ao longo do ciclo de vida do produto ou processo. Conforme orienta o manual AIAG & VDA (2019), a documentação deve representar fielmente a condição real do processo e permanecer acessível para revisões periódicas e auditorias.

Aplicando essa diretriz ao presente trabalho, os dados foram organizados conforme a planilha padrão da PFMEA, abordando desde a definição da estrutura do processo até a análise funcional, identificação de falhas, avaliação de riscos e proposição de ações recomendadas. O resultado final encontra-se registrado na Apêndice A, que reúne todos os campos essenciais preenchidos durante o desenvolvimento do método de aplicação da PFMEA.

Essa documentação tem os seguintes propósitos:

- Servir como base para futuras ações corretivas e melhorias no processo;
- Apoiar auditorias internas e externas;
- Garantir a rastreabilidade técnica das decisões tomadas pela equipe;
- Facilitar revisões futuras, sempre que houver alteração nos produtos, máquinas, materiais ou métodos;

No presente estudo, a PFMEA foi construída de forma alinhada às exigências do setor automotivo e às boas práticas de gestão de risco, com foco na aplicação em motores de combustão de grande porte. Sua documentação final representa um passo estratégico para a padronização, rastreabilidade e melhoria contínua do processo de fabricação dos filtros, contribuindo diretamente para a confiabilidade do produto final.

## 4 PFMEA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO FILTRO DE PAPEL

Este capítulo apresenta a aplicação prática da FMEA de Processo (PFMEA) ao processo de fabricação do filtro de filtros automotivos, do tipo insert, com aplicação em motores a combustão de grande porte. O método de aplicação da PFMEA segue rigorosamente o modelo proposto pelo manual AIAG & VDA (2019), estruturado em sete etapas, das quais as cinco primeiras são abordadas nesta análise. Os dados utilizados foram obtidos diretamente da prática fabril e registrados na planilha PFMEA Apêndice A, considerando todos os elementos funcionais e operacionais reais do processo.

A implementação da FMEA em processos de manufatura promove ganhos técnicos mensuráveis na gestão de riscos e na confiabilidade dos produtos. Ao estruturar a análise de falhas potenciais em função, modo, efeito e causa, a ferramenta permite quantificar os riscos por meio dos critérios de severidade, ocorrência e detecção, priorizando ações segundo a matriz de Prioridade de Ação (PA). Com isso, obtém-se reduções significativas em índices de refugo e retrabalho, aumento da disponibilidade de equipamentos produtivos pela mitigação de paradas não programadas e melhoria da robustez do processo frente a variações de matéria-prima, mão de obra e métodos. Além de elevar a confiabilidade dos filtros aplicados em motores de grande porte, a aplicação sistemática da FMEA fortalece a rastreabilidade das decisões de engenharia e assegura maior previsibilidade operacional em ambientes de alta criticidade, como o setor automotivo.

### 4.1 PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO

A etapa de planejamento estabeleceu os limites do estudo, o time responsável e os elementos do processo a serem analisados. De acordo com o manual AIAG & VDA (2019), esta etapa define o “Plano da Análise”, delimitando o objeto do estudo, escopo funcional, contexto de aplicação e clientes envolvidos.

Além disso, o estudo foi estruturado considerando as diferentes aplicações comerciais do produto, separando os requisitos e particularidades as-

sociadas aos canais OEM (Original Equipment Manufacturer – Fabricante de Equipamento Original), OES (Original Equipment Supplier – Fornecedor de Equipamento Original) e IAM (Independent Aftermarket – Mercado de Reposição Independente). Esta segmentação permitiu uma abordagem mais precisa das demandas técnicas e de qualidade de cada tipo de cliente, respeitando os padrões específicos de fornecimento e desempenho exigidos por cada mercado.

O escopo definido corresponde ao processo de fabricação do filtro tipo insert, produzido em ambiente fabril com múltiplas interfaces entre células de produção, linhas de montagem e inspeção. O estudo considerou as seguintes macroetapas: recebimento, plissagem do papel, colagem do papel, soldar vedação ou feltro, soldar papel nas tampas, colar espuma, gravação a laser, embalagem e expedição. A análise excluiu a operação OP.70 por estar fora do escopo fabril direto.









A equipe FMEA foi composta por membros das áreas de engenharia de produto, qualidade, produção, manutenção e operadores experientes, conforme recomendado pelo manual, garantindo a visão multidisciplinar do processo. A coleta de dados considerou registros de não conformidades, instruções de trabalho (JI), histórico de manutenção, inspeções internas e observações em linha.

Todos os dados foram organizados na planilha PFMEA estruturada, com os campos exigidos: Item do Processo, Função, Modo de Falha, Efeito, Severidade (S), Causa, Ocorrência (O), Controles de Prevenção (CP), Controles de Detecção (CD), Detecção (D), e Priorização de Ação (PA).

## 4.2 ANÁLISE ESTRUTURAL

Para contextualizar as etapas analisadas no escopo deste trabalho, foi realizado o fluxograma do processo produtivo de filtros automotivos Apêndice B. O cabeçalho Figura 11 e legenda de operações foi elaborado conforme os padrões internos da empresa e estruturado com base nos princípios do manual AIAG & VDA (2019). Este fluxograma descreve de forma sequencial e visual as principais operações envolvidas na fabricação do filtro, desde o recebimento da matéria-prima até a etapa final de expedição ao cliente.

Figura 11 – Cabeçalho Fluxograma de operações

• FLUXOGRAMA DE PROCESSO FILTRO				
		Nível de confidencialidade	Elaborado por:	Data da criação
		Uso Empresarial	Felipe Reinaldo Bressan	01/04/2025
Equipe participante:	Felipe Bressan		Nome do Item Hengst	Código do Item Hengst
			N/A	N/A
Controle de revisões:	Número da Revisão	Data da Revisão	Participantes	
	Rev. 1	01/04/2025	Felipe Bressan	
				Observações :
				Criação do PFMEA na nova versão
OPERAÇÃO (LEGENDA)				
				<b>Características</b>  Retrabalho  Crítica (especial)  Segurança (especial)  Poka Yoke  Inspeção Visual  Estoque interno  Significativa
Direção do Fluxo				
Interseção de Fluxo				
Início Fim				
Operação				
Inspeção				
Operação Inspeção				
Dúvida				
Transporte				
Operações Transportes				
Aguardar				
Estoque				
Decisão				

Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

O cabeçalho técnico do fluxograma apresenta informações relevantes como o nível de confidencialidade, responsáveis pela elaboração, data de revisão e identificação da equipe participante, garantindo a rastreabilidade documental do processo. Adicionalmente, a sigla “JI” utilizada ao longo das tabelas de análise refere-se às Instruções de Trabalho (*Job Instructions*), documentos padronizados que descrevem os procedimentos operacionais, os parâmetros de controle e os cuidados necessários para mitigar riscos operacionais e prevenir falhas de determinada operação.

As operações representadas no fluxograma correspondem às etapas abordadas na análise FMEA, como plissagem, colagem, termofusão, aplicação de vedações, gravação a laser e embalagem. Cada uma dessas fases está indicada por meio de símbolos gráficos padronizados, conforme a legenda presente no cabeçalho técnico do documento Figura 11. Esses símbolos permitem a identificação rápida de ações como inspeção, transporte, armazenamento, tomada de decisão e execução de operações críticas. A legenda de símbolos é um procedimento interno da Hengst SE (2025).

Além das operações, o fluxograma inclui símbolos que representam características específicas do processo, com o objetivo de sinalizar pontos que exigem atenção especial, controle reforçado ou que estão associados à segurança. Esses ícones estão organizados da esquerda para a direita no cabeçalho do fluxograma Figura 11, conforme descrito a seguir.

- **Direção do Fluxo:** indica o sentido de execução das atividades no processo.
- **Interseção de Fluxo:** representa pontos onde fluxos distintos se cruzam ou convergem.
- **Início / Fim:** delimita o começo ou encerramento do processo analisado.
- **Operação:** designa uma atividade produtiva ou de transformação direta.
- **Inspeção:** refere-se à verificação de conformidade ou qualidade do produto ou processo.
- **Operação + Inspeção:** representa uma atividade combinada de execução e verificação.
- **Dúvida:** indica um ponto de possível indefinição, utilizado em mapeamentos preliminares.
- **Transporte:** simboliza a movimentação de materiais entre etapas.
- **Operações + Transportes:** quando múltiplas ações combinam movimentação e transformação.
- **Aguardar:** aponta locais onde o item aguarda a próxima etapa (fila ou retenção).
- **Estoque:** representa locais de armazenamento intermediário ou final.
- **Decisão:** utilizado para indicar bifurcações condicionais com ramificações “Sim” ou “Não”.

Complementarmente aos símbolos operacionais, o fluxograma também apresenta uma codificação visual para destacar características específicas do processo produtivo. Esses ícones facilitam a identificação de pontos críticos, atividades de controle especial e requisitos de segurança. Os símbolos utilizados, conforme representados na lateral direita do fluxograma Figura 11, são os seguintes:

- **Retrabalho:** Indica operações que envolvem retrabalho ou correção de não conformidades.
- **Crítica (especial):** Sinaliza etapas consideradas críticas para a qualidade do produto final;
- **Segurança (especial):** Identifica pontos do processo que impactam diretamente na segurança do produto ou do usuário;
- **Poka Yoke:** Refere-se a mecanismos à prova de erro implementados no processo.
- **Inspeção Visual:** Indica que a etapa envolve verificação visual para controle de qualidade;
- **Estoque interno:** Representa áreas de armazenagem intermediária no processo produtivo;
- **Significativa:** Aponta uma característica relevante que, embora não crítica, exige atenção especial;

Com base nas operações descritas no fluxograma e nos símbolos padronizados apresentados, torna-se possível realizar uma análise estruturada das possíveis falhas ao longo do processo produtivo.

- **Item do Processo:** Refere-se à macroatividade representada por um conjunto de operações que visam transformar um elemento do produto;
- **Etapas do Processo:** Representada pela numeração específica da operação (ex: OP.10, OP.30), descreve a função direta de transformação, montagem ou inspeção que ocorre em cada estágio da linha;
- **Elemento do Trabalho:** Detalha a função dos componentes do processo com base nos 4M (Máquina, Mão de Obra, Materiais e Meio Ambiente), assegurando o entendimento da variabilidade de cada fator envolvido;

Exemplo: OP.60 Colocar peças plásticas em estufa para desumidificação

Figura 12 – Análise da estrutura OP.60

1. Item do Processo Elemento do Sistema, Subsistema, Peça ou Nome do Processo	2. Etapa do Processo No. da Estação e Nome do Elemento Foco	3. Elemento do Trabalho do Processo ① Homem ② Máquina ③ Material ④ Ambiente
		① Operador
<b>Abastecedor</b>	OP. 60 - Colocar peças plásticas em estufa para desumidificação.	② Estufa  ④ Ambiente

Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

### 4.3 ANÁLISE FUNCIONAL

A análise funcional descreve as funções esperadas em cada nível da estrutura do processo, com foco nos requisitos de qualidade, confiabilidade e desempenho esperados por cada cliente (interno, planta de envio e usuário final). Segundo o manual AIAG & VDA (2019, p. 43), “todas as funções

devem ser descritas com foco no cliente interno e externo”. A correta identificação dessas funções é essencial para o entendimento das exigências do processo e, conseqüentemente, para a identificação coerente dos modos de falha associados.

Para a aplicação deste conceito, adotou-se a seguinte hierarquia funcional, conforme recomendado pelo manual AIAG & VDA (2019). A análise foi estruturada em três camadas de impacto do efeito da falha, refletindo a cadeia completa de clientes:

- **Sua planta:** responsável por etapas dentro do processo fabril;
- **Planta de envio:** envolvida na próxima operação, expedição ou auditoria final;
- **Usuário final:** cliente externo responsável pela aplicação do produto em serviço;

Exemplo: OP.60 Colocar peças plásticas em estufa para desumidificação

Figura 13 – Análise da função OP.60

1. Função do Item do Processo Função do Elemento do Sistema, Subsistema, Peça ou Processo	2. Função da Etapa do Processo e Característica do Produto	3. Função do Elemento do Trabalho do Processo e Característica do Processo
Sua Planta: Garantir o tempo necessário para desumidificação das tampas.		Função do Elemento: Programar a temperatura e tempo conforme datasheet do material  <b>Característica do Processo:</b> <b>Conforme JI-1-05153</b>  <b>Mín : 12 hrs e 100 ° C ± 20° C</b>
Planta de Envio: Fornecer componentes desumidificados e prontos para uso, evitando devoluções ou retrabalhos causados por defeitos de origem térmica.  Usuário Final: Assegurar a integridade do conjunto filtrante, prevenindo falhas estruturais resultantes de tampas mal fixadas ou com delaminação prematura.	Função da Etapa: Processo para retirar a umidade da matéria prima para não aflorar a peça injetada  Característica do Produto: Coloração uniforme da peça	Função do Elemento: Ter espaço para toda a programação de peças necessárias.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05153  Mín : 12 hrs e 100 ° C ± 20° C  Função do Elemento: Garantir a temperatura inserida no ambiente  <b>Característica do Processo:</b> <b>Conforme JI-1-05153</b>  <b>Mín : 12 hrs e 100 ° C ± 20° C</b>

Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

#### 4.4 ANÁLISE DE FALHAS

O Passo 4 consiste na análise dos modos de falha, seus efeitos e causas associados às funções descritas anteriormente. Esta etapa visa identificar os desvios potenciais entre a função pretendida e a realidade do processo, estabelecendo uma base para a avaliação de riscos e definição de ações mitigadoras.

A análise foi estruturada em três camadas de impacto do efeito da falha, refletindo a cadeia completa de clientes:

- **Sua planta:** responsável por etapas dentro do processo fabril;
- **Planta de envio:** envolvida na próxima operação, expedição ou auditoria final;
- **Usuário final:** cliente externo responsável pela aplicação do produto em serviço;

Exemplo: OP.60 Colocar peças plásticas em estufa para desumidificação

Figura 14 – Análise de falha OP.60

1. Efeitos da Falha (EF)	Severidade (S) do EF	2. Modo de Falha (MF) da Etapa do Processo	3. Causa da Falha (CF) do Elemento do Trabalho
<p>Sua Planta: O produto pode ter que ser novamente desumidificado para que no processo de soldagem da tampa não cause bolhas. S=5</p> <p>Planta de Envio: Possível não conformidade com os requisitos, ocasionando devoluções ou interrupções na linha produtiva subsequente. S=6</p> <p>Usuário Final: Falha de vedação ou soltura da tampa durante o uso, e gerando risco de entrada de contaminantes no sistema do motor. S=7</p>	7	Falha na execução da programação.	Não seguimento do protocolo para desumidificação da matéria prima (escolha errada dos parâmetros de desumidificação).
<p>Sua Planta: O produto pode ter que ser novamente desumidificado para que no processo de soldagem da tampa não cause bolhas. S=5</p> <p>Planta de Envio: Possível não conformidade com os requisitos, ocasionando devoluções ou interrupções na linha produtiva subsequente. S=6</p> <p>Usuário Final: Falha de vedação ou soltura da tampa durante o uso, e gerando risco de entrada de contaminantes no sistema do motor. S=7</p>	7	Temperatura de desumidificação inadequada / excesso.	Resistência queimada.
<p>Sua Planta: Atraso para a entrada do processo de desumidificação. S=5</p> <p>Planta de Envio: Atraso ou interrupções na linha produtiva subsequente. S=6</p> <p>Usuário Final: Falha de vedação ou soltura da tampa durante o uso, e gerando risco de entrada de contaminantes no sistema do motor. S=7</p>	7	Tempo de desumidificação insuficiente.	Fora das características do processo.

Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

## 4.5 ANÁLISE DE RISCO

Na etapa de avaliação de riscos (Passo 5), os modos de falha identificados foram classificados com base nos critérios de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D). Diferentemente do modelo tradicional baseado no RPN (Risk Priority Number), o AIAG & VDA (2019) propõe o uso da Prioridade de Ação (PA) como indicador principal para a tomada de decisão, o que permite uma interpretação qualitativa mais orientada ao risco.

- **Severidade (S):** grau de impacto do efeito da falha, considerando consequências para a segurança, funcionalidade e conformidade do produto. A escala vai de 1 a 10, sendo 10 associada a efeitos críticos, como risco à segurança ou não conformidade legal.
- **Ocorrência (O):** representa a frequência com que a causa da falha pode ocorrer. A nota é atribuída com base em dados históricos e robustez dos controles de prevenção.
- **Detecção (D):** avalia a capacidade dos controles atuais em detectar a falha antes que ela chegue ao cliente. Valores altos indicam pouca ou nenhuma chance de identificação antes do efeito ocorrer.

A classificação é realizada com base em tabelas cruzadas entre S, O e D, fornecidas pelo manual, priorizando a criticidade do efeito e a eficácia dos controles existentes. Diferente do método tradicional que utilizava o produto  $S \times O \times D$  (RPN), o manual AIAG & VDA (2019) adota a Priorização de Ação (PA), agrupando os riscos em três categorias:

- **PA = A (Alta prioridade):** ação imediata recomendada;
- **PA = M (Média prioridade):** ação recomendada após análise técnica;
- **PA = B (Baixa prioridade):** ação opcional ou de monitoramento.

Além disso, foram analisados os Controles de Prevenção (CP) e Controles de Detecção (CD) aplicados em cada elemento do trabalho. Esses controles

são essenciais para mitigar as causas identificadas, e seu nível de eficácia impacta diretamente nos índices de Ocorrência e Detecção atribuídos.

- **Controles de Prevenção (CP):** medidas que atuam diretamente sobre a causa, reduzindo a probabilidade de ocorrência;
- **Controles de Detecção (CD):** recursos que possibilitam identificar o modo de falha antes de o produto ser liberado.

Embora o processo produtivo analisado neste estudo apresente um nível elevado de confiabilidade, com instruções de trabalho detalhadas, treinamentos operacionais regulares e padronização de procedimentos, observou-se que a maior parte dos riscos remanescentes está associada à baixa capacidade de detecção, sobretudo nas etapas que dependem exclusivamente de inspeções visuais realizadas por operadores. A subjetividade e a fadiga humana impactam a eficácia desses controles, tornando-os menos robustos frente a variações ou falhas sutis.

Exemplo: OP.60 Colocar peças plásticas em estufa para desumidificação

Figura 15 – Análise de risco OP.60

Controle Atual de Prevenção (CP) da CF	Ocorrência (O) da CF	Controles Atuais de Detecção (CD) da CF ou MF	Detecção (D) da CF/MF	PA PFMEA
Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	8	<b>A</b>
Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	CLP desumidificador	5	<b>M</b>
Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	6	<b>M</b>

Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

Apesar de as instruções de trabalho estarem padronizadas e todos os operadores receberem treinamento formal, o processo de desumidificação ainda apresenta vulnerabilidades na fase de detecção. O controle de prevenção é satisfatório, mas a dependência exclusiva da inspeção humana limita a confiabilidade da operação, especialmente em condições de desatenção ou rotatividade de pessoal. Assim, mesmo com um controle padronizado, há es-

paço para melhorias na automação, como o uso de CLPs com registros digitais, intertravamentos de processo, ou alarmes visuais e sonoros que aumentem a robustez da detecção e evitem a liberação de peças não conformes para as etapas seguintes.

#### 4.6 DOCUMENTAÇÃO DOS RESULTADOS

No desenvolvimento da presente análise de FMEA de Processo, a documentação foi realizada utilizando-se, predominantemente, o software Microsoft Excel, seguindo o modelo de planilha recomendado internamente pela empresa. Embora o manual AIAG & VDA (2019) não prescreva um formato específico de ferramenta, a organização opta por utilizar o Excel como padrão, considerando sua flexibilidade, acessibilidade e ampla familiaridade por parte das equipes envolvidas.

Além disso, outros formatos de documentação também são aceitos no mercado, como softwares dedicados de FMEA (por exemplo, IQ-FMEA, APIS, PLATO), porém, para o presente estudo, a escolha recaiu sobre o Excel, em conformidade com as práticas já consolidadas na indústria automotiva em que a empresa está inserida.

A planilha utilizada contempla todos os campos exigidos pelo manual AIAG & VDA (2019), incluindo a estrutura do processo, análise funcional, modos de falha, efeitos, causas, controles existentes, índices de severidade, ocorrência e detecção, bem como a priorização de ações. Essa organização permitiu a rastreabilidade completa da análise e o alinhamento com os requisitos do manual, além de facilitar a posterior apresentação e arquivamento do estudo para fins de auditoria e revisão.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos por meio da aplicação da Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA) no processo de fabricação dos filtros automotivos, considerando especialmente sua aplicação em motores de grande porte. O objetivo foi mapear os riscos do processo produtivo, identificar os modos de falha potenciais, avaliar suas causas e efeitos, e propor ações de melhoria, alinhadas com os critérios de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), conforme método proposto manual AIAG & VDA (2019).

É importante destacar que a operação OP.70 – Injeção das peças plásticas, embora faça parte do fluxo produtivo anterior à montagem dos filtros, não foi contemplada diretamente nesta FMEA. Isso se deve ao fato de que se trata de um processo pertencente a outro setor da fábrica, o qual possui controles de qualidade e análises próprios. Assim, conforme recomendado pelo AIAG & VDA (2019), o escopo desta análise foi delimitado para evitar sobreposição de responsabilidades e garantir a rastreabilidade específica de cada área. Dessa forma, a OP.70 foi apenas referenciada no fluxograma do processo, sem que seus modos de falha fossem analisados na matriz PFMEA.

O escopo deste estudo contempla, portanto, as etapas compreendidas entre o recebimento dos componentes injetados e a expedição do filtro finalizado, incluindo as fases de plissagem do papel, colagem, montagem por termofusão, aplicação de vedações, gravação a laser e embalagem. Cada uma dessas macroetapas foi analisada detalhadamente a partir da estrutura funcional, mapeamento dos modos de falha, análise de riscos e controles aplicáveis, conforme a abordagem dos sete passos da FMEA.

Ressalta-se ainda que, embora o presente trabalho não tenha abordado diretamente a etapa de otimização, Passo 7 do método do Manual AIAG & VDA (2019), em razão de ser um processo contínuo e dependente de dados observacionais ao longo do tempo, foram apontadas, sempre que pertinente, sugestões de ações para os casos classificados com prioridade alta (PA = A). Essas sugestões foram descritas ao final de cada exemplo, de modo a contribuir

com uma futura implementação e revisão cíclica da PFMEA, conforme previsto no conceito de melhoria contínua (PDCA).

## 5.1 DISTRIBUIÇÃO DOS MODOS DE FALHA

A análise identificou um total de 148 modos de falha, classificados conforme o nível de risco e a necessidade de ações de mitigação, conforme a Quadro 6.

Quadro 6 – Distribuição das classificações de Prioridade de Ação (PA)

Classificação	Quantidade
Alta (A)	8
Média (M)	110
Baixa (B)	30

Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

A Figura 16 ilustra graficamente essa distribuição.

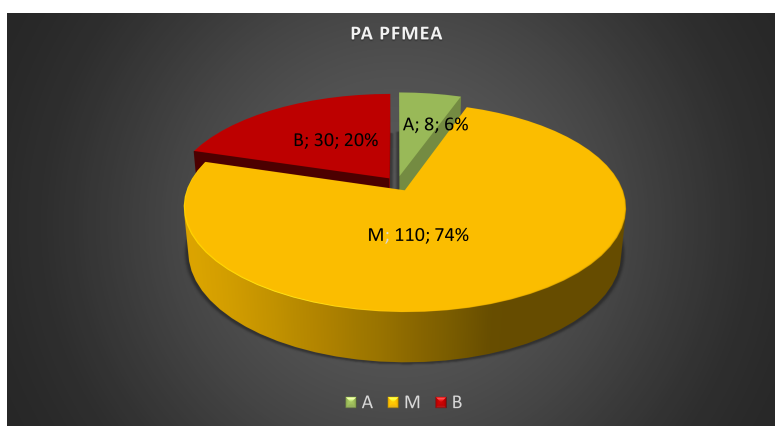


Figura 16 – Distribuição das classificações de Prioridade de Ação (PA)

Fonte: Ilustração produzida pelo autor para este trabalho (2025).

## 5.2 MODOS DE FALHA DE ALTA PRIORIDADE (A)

Oito modos de falha foram classificados com Prioridade de Ação Alta (PA = A), representando riscos críticos ao desempenho do processo e à confiabi-

lidade do produto final. Essas falhas requerem ações corretivas imediatas, dado seu potencial de impacto na qualidade, segurança e funcionalidade do filtro, especialmente em aplicações severas como sistemas de filtragem em motores navais. Três dos oito casos críticos concentram-se na etapa de embalagem, caracterizada por alta dependência da inspeção visual humana, sem o apoio de sistemas automatizados de detecção, o que aumenta significativamente o risco de não conformidades. E dois deles relacionado a segurança do operador.

### **5.2.1 OP.60 – Colocar peças plásticas na estufa para secagem**

Nesta operação, a falha está associada à possibilidade de secagem inadequada dos componentes plásticos, seja por tempo insuficiente ou temperatura incorreta. Isso compromete diretamente a aderência dos componentes nas etapas seguintes, gerando falhas na vedação e na integridade estrutural do filtro.

#### **Classificação do risco:**

- Severidade: 5 – Risco de falhas funcionais no produto, principalmente em ambientes de alta exigência;
- Ocorrência: 8 – Processo manual e suscetível a erro humano, mesmo com instruções de trabalho disponíveis;
- Detecção: 8 – Detecção apenas por inspeção visual tardia, o que dificulta a contenção antes da montagem;
- Prioridade de Ação: A (Alta Prioridade).

#### **Ações recomendadas:**

- Automatização dos parâmetros da estufa com receitas pré-configuradas para cada tipo de componente;
- Instalação de CLPs e sensores de temperatura e umidade, garantindo que o ciclo de secagem ocorra conforme o especificado;
- Implementação de treinamentos com reforço visual, utilizando painéis explicativos próximos à estufa para auxiliar na tomada de decisão;

- Auditorias periódicas no processo, para verificação da aderência ao protocolo de desumidificação.

Uma falha como essa pode levar a problemas críticos no campo, como infiltrações, falhas no sistema de combustível ou mesmo a contaminação do fluido. Por isso, a automação e o controle rigoroso dessa etapa tornam-se indispensáveis para garantir a confiabilidade do filtro aplicado em motores de grande porte.

### **5.2.2 OP.80 – Posicionar a bobina na entrada da plissadeira com a garra de movimentação**

Nesta operação, os riscos concentram-se no manuseio da bobina com a garra e na confirmação do lado/identidade da bobina antes do acoplamento ao eixo. As falhas podem levar desde retrabalho e desvio do processo (bobina errada ou lado invertido) até danos à bobina e risco de acidente (travamento inadequado do eixo pneumático).

#### **Classificação do risco (MF1 – Garra gira ao fazer o tombamento da bobina):**

- Severidade: 10 – Danificar a bobina e ocasionar acidentes de trabalho;
- Ocorrência: 3 – Evento pouco frequente, porém possível em caso de falha no travamento;
- Detecção: 6 – Detecção predominantemente visual, após o evento;
- Prioridade de Ação: A (Alta Prioridade).

#### **Classificação do risco (MF2 – Não inflar o eixo pneumático de travamento):**

- Severidade: 10 – Danificar a bobina e ocasionar acidentes de trabalho;
- Ocorrência: 3 – Baixa frequência, associada a falha de equipamento;
- Detecção: 6 – Detecção predominantemente visual.;

- Prioridade de Ação: A (Alta Prioridade).

**Ações recomendadas:**

- Utilizar gabaritos ou marcas-guia no equipamento para auxiliar o posicionamento correto e prevenir erros de orientação;
- Realizar fechamento da área para movimentação;
- Implementação melhorias na garra para uma melhor segurança.

### **5.2.3 OP. 120. 2 - Pré-aquecimento.**

Nesta operação, a falha está associada à ausência ou à ineficiência na etapa de desumidificação do papel antes do goframento. O papel úmido compromete a ativação da resina, reduzindo sua resistência e ocasionando defeitos durante o goframento e a dobra. Esse problema pode levar ao aumento de refugos, paradas para inspeção e retrabalho, afetando diretamente a eficiência produtiva.

**Classificação do risco:**

- Severidade: 7 – Impacto direto na qualidade funcional do filtro e risco de falhas em motores de grande porte;
- Ocorrência: 4 – Processo com controles definidos, porém sujeito a falhas de equipamento;
- Detecção: 7 – Inspeção visual e controladores, mas ainda suscetíveis a falhas;
- Prioridade de Ação: A (Alta Prioridade).
- Implantar sistema de monitoramento contínuo de temperatura e umidade na etapa de desumidificação, com alarmes para desvios de parâmetros;
- Adotar bloqueio automático que impeça a operação do goframento caso as condições de secagem não sejam atendidas;

- Incluir manutenção preventiva periódica no sistema de desumidificação para evitar falhas mecânicas ou elétricas.

A garantia de que o papel passe por uma desumidificação eficaz antes do goframento é determinante para manter a robustez do processo e a confiabilidade do produto final.

#### **5.2.4 OP.290 – Inserir o filtro na calha transportadora para inspeção após a termofusão**

O modo de falha nesta operação está relacionado ao congestionamento frequente da calha transportadora, resultando na obstrução do fluxo de peças e na necessidade de intervenção manual do operador para destravar os filtros presos. Esse cenário impacta negativamente na fluidez do processo e representa riscos ergonômicos ao operador, além de afetar o tempo de ciclo e a inspeção posterior, que pode ser realizada de forma apressada ou negligenciada.

##### **Classificação do risco:**

- Severidade: 7 – Paradas frequentes afetam o fluxo contínuo da produção e aumentam o risco de danos aos componentes;
- Ocorrência: 6 – Situação recorrente, principalmente em turnos com operadores menos experientes;
- Detecção: 8 – Processo de inspeção visual sujeito a falhas humanas;
- Prioridade de Ação: A (Alta Prioridade).

##### **Ações recomendadas:**

- Substituição da calha por esteiras transportadoras motorizadas, capazes de manter o fluxo contínuo e evitar acúmulo por desalinhamento;
- Instalação de sensores ópticos de presença e alinhamento, que gerem alertas ou paradas programadas ao detectar obstruções;
- Revisão do layout da linha para reduzir o número de desvios manuais e pontos de bloqueio;

- Treinamentos específicos e atualizados para operadores sobre o posicionamento adequado e os impactos da má alimentação da calha.

A aplicação dessas melhorias é especialmente crítica para linhas, onde a confiabilidade operacional é exigida em níveis elevados e eventuais falhas no fluxo de inspeção podem acarretar consequências indiretas como atraso na liberação de lotes, inspeções adicionais ou reprocessos.

### 5.2.5 OP.370 – Embalar elemento filtrante OES e IAM

A operação de embalagem final dos elementos filtrantes destinados às linhas OES (Original Equipment Supplier) e IAM (Independent Aftermarket) é realizada manualmente, sendo altamente dependente da atenção do operador e da correta execução das instruções de trabalho. Nessa etapa foram identificados **três modos de falha com alta prioridade (PA = A)**, todos com elevado risco de ocorrência e baixa capacidade de detecção, por dependerem exclusivamente da inspeção visual humana.

Os riscos identificados são os seguintes:

- **Falta de filtro na caixa:** resultado da falha em inserir o elemento filtrante no momento da embalagem. Essa falha pode gerar reclamações do cliente, devoluções ou prejuízo de imagem da marca no mercado.
- **Falta de o'ring na caixa:** o anel de vedação (o'ring), embora seja um componente pequeno, é essencial para a montagem correta do filtro no sistema. A ausência desse item pode inviabilizar a aplicação do produto ou comprometer a vedação durante o uso.
- **Caixa ou o'rings incorretos:** erro no abastecimento dos materiais que compõem o kit de embalagem. A utilização de embalagens trocadas ou o'rings com dimensões ou especificações incorretas compromete a rastreabilidade do produto e a conformidade com os requisitos técnicos.

Embora esses modos de falha apresentem **níveis moderados de severidade (5 a 6)**, o fato de serem detectáveis apenas por inspeção visual, com

notas de detecção igual a 8, faz com que eles atinjam a **categoria de alta prioridade (A)**, conforme diretrizes do manual AIAG & VDA (2019).

**Ações recomendadas:**

- Desenvolvimento de um sistema de verificação por sensores ópticos ou balança de conferência na esteira de embalagem para assegurar a presença do filtro e o peso correto do conjunto;
- Introdução de um checklist físico ou digital para conferência de componentes antes do fechamento da caixa;
- Treinamento recorrente com os operadores de embalagem, com foco em conscientização da criticidade do processo e simulações de falhas reais já identificadas;
- Revisão da logística interna de abastecimento, com implementação de codificação por cores ou QR codes para evitar trocas de caixas ou componentes.

A automação parcial dessa etapa, combinada com mecanismos de verificação independentes, onde a ausência de componentes essenciais pode comprometer a confiabilidade do sistema filtrante em condições operacionais severas.

### 5.3 MODOS DE FALHA DE MÉDIA PRIORIDADE (M)

A maioria dos modos de falha identificados, totalizando **110 ocorrências**, foi classificada como de *Média Prioridade (M)*. Embora esses riscos não apresentem impacto crítico imediato ao produto ou à segurança, eles representam fragilidades latentes no processo, capazes de gerar perdas acumuladas em eficiência, qualidade e custo ao longo do tempo.

De forma geral, os modos de falha classificados como prioridade M estão associados a fatores operacionais e de processo que, se não monitorados, podem se agravar. Entre os principais elementos recorrentes destacam-se:

- Setup incorreto, causado por troca de ferramentas, ajustes manuais imprecisos ou falta de padronização nos procedimentos de preparação de máquina;
- Parametrização inadequada de equipamentos, sobretudo em processos térmicos e de gravação, nos quais os parâmetros corretos são essenciais para garantir aderência, legibilidade e vedação;
- Desgaste de ferramentas, impactando diretamente a precisão de corte, plissagem ou aplicação de cola, sem que haja detecção precoce via controle estatístico de processo;
- Dependência de inspeções manuais, o que aumenta a suscetibilidade a falhas não detectadas, especialmente quando há rotatividade de operadores ou sobrecarga de tarefas.

Considerando a natureza desses riscos, as ações sugeridas concentram-se na estabilização dos processos e na eliminação de variações por causas comuns. As principais recomendações incluem:

- Fortalecimento da padronização de setups, com instruções de trabalho visuais, listas de verificação e uso de dispositivos à prova de erro (*poka-yoke*);
- Expansão dos treinamentos operacionais, com foco no entendimento do impacto das variáveis de processo e maior autonomia na tomada de decisão pelos operadores;
- Avaliação da viabilidade de automação parcial ou total nas operações com maior índice de retrabalho ou não conformidade;
- Criação de indicadores de processo vinculados à PFMEA, para acompanhamento da eficácia das ações e priorização contínua das melhorias.

Essas ações, mesmo sendo de médio prazo, são essenciais para reduzir gradualmente os riscos e elevar a maturidade do processo, promovendo um ambiente produtivo mais estável, confiável e economicamente sustentável,

especialmente relevante quando se trata da aplicação em motores de grande porte.

#### 5.4 MODOS DE FALHA DE BAIXA PRIORIDADE (B)

Foram identificados **30 modos de falha** classificados como de **Baixa Prioridade (B)**. Esses modos apresentam níveis reduzidos de severidade, ocorrência e/ou maior capacidade de detecção, o que os torna aceitáveis dentro dos parâmetros operacionais atuais do processo produtivo.

Ainda que representem riscos residuais, esses modos não devem ser ignorados. Conforme orienta o manual AIAG & VDA (2019), a prioridade B não implica ausência de risco, mas sim uma menor urgência de tratamento. Mudanças no ambiente produtivo, alterações de matéria-prima, substituição de fornecedores ou evolução do processo podem alterar significativamente a avaliação inicial desses modos.

Por isso, recomenda-se:

- Realizar o monitoramento contínuo dos indicadores de processo associados a esses modos;
- Incluir esses itens em auditorias internas periódicas;
- Reavaliar as notas de S, O e D sempre que houver mudança no contexto do processo;
- Garantir que as ações de controle existentes se mantenham eficazes ao longo do tempo.

A manutenção da estabilidade nesses pontos reforça o compromisso com a melhoria contínua e evita que modos de falha antes considerados de baixa prioridade evoluam para situações de maior criticidade ao longo do tempo.

#### 5.5 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

A análise da PFMEA demonstra que, apesar do processo produtivo da empresa ser altamente automatizado, a principal fragilidade encontrada está

na baixa capacidade de detecção das falhas. A automação garante que a Ocorrência (O) de falhas seja baixa e dentro de parâmetros aceitáveis, mas, por outro lado, a ausência de sistemas robustos de inspeção e controle faz com que muitos modos de falha permaneçam classificados como de *Média Prioridade (M)*.

Conforme preconiza o manual AIAG & VDA (2019), quando a Severidade (S) não pode ser alterada, pois está diretamente ligada às consequências da falha — e quando a Ocorrência (O) já se encontra controlada, o caminho mais assertivo para reduzir o risco está em investir na melhoria da Detecção (D).

Portanto, o aprimoramento dos sistemas de detecção se apresenta como o principal foco de atuação para elevar a robustez do processo e assegurar que produtos não conformes não avancem na linha ou cheguem ao cliente final. Essa questão torna-se ainda mais crítica quando se consideram as exigências operacionais dos motores navais, nos quais qualquer falha pode gerar impactos significativos, elevados custos e riscos à segurança.

Esse direcionamento está em total alinhamento com os princípios da melhoria contínua defendidos por autores como Stamatis (2003), Mikulak et al. (2009) e Carlson (2012), além das diretrizes do próprio manual AIAG & VDA (2019).

Dessa forma, os resultados obtidos não apenas apontam as vulnerabilidades existentes, mas também oferecem uma base sólida para a implementação de melhorias que impactam diretamente na confiabilidade do produto final. Com isso, o próximo capítulo apresenta as conclusões deste trabalho, destacando as principais contribuições da análise e sugestões para futuros estudos.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar as falhas potenciais no processo de fabricação de filtros para motores a combustão interna, com aplicação em diversos setores, utilizando a técnica FMEA conforme as diretrizes do manual AIAG & VDA (2019). A escolha dessa técnica foi fundamentada na sua capacidade de estruturar, priorizar e mitigar riscos associados ao processo produtivo, contribuindo diretamente para a melhoria da qualidade e da confiabilidade dos produtos, especialmente em ambientes operacionais de alta exigência, como é o caso das aplicações marítimas.

Por meio da elaboração da PFMEA, foi possível mapear e compreender profundamente os modos de falha associados às etapas produtivas que vão desde o recebimento dos componentes até a expedição do produto final. As análises evidenciaram que, apesar do processo ser altamente automatizado, os principais riscos residem na baixa capacidade dos sistemas de detecção, o que se reflete na grande quantidade de modos classificados como prioridade média (M). Este achado corrobora as diretrizes do próprio manual AIAG & VDA (2019), que destacam a detecção como fator crítico quando a severidade não pode ser alterada e a ocorrência já está controlada.

Diante dos resultados obtidos, verifica-se que todos os objetivos estabelecidos no início deste trabalho foram plenamente atendidos. O funcionamento e os requisitos técnicos dos filtros aplicados a motores a combustão interna, foram descritos de forma detalhada, assim como todas as etapas do processo de fabricação em ambiente industrial, desde o recebimento dos insumos até a expedição do produto final. A aplicação da técnica FMEA, conforme o modelo AIAG & VDA (2019), foi conduzida de maneira estruturada, contemplando seus sete passos e permitindo identificar, para cada operação, os modos de falha potenciais, suas causas e efeitos. Por fim, a classificação dos riscos foi realizada com base na tabela de Prioridade de Ação (PA), possibilitando a priorização das falhas e a proposição de ações preventivas e corretivas direcionadas, de modo a fortalecer a robustez e a confiabilidade do processo produtivo

Destacam-se na análise oito modos de falha classificados como prioridade alta (A). Três deles ocorrem na operação de embalagem (OP.370), decorrentes da ausência de mecanismos automáticos de verificação, o que pode resultar no envio de produtos incompletos (sem o filtro ou o'rings). Outros dois estão associados à OP.60, referente ao risco de secagem inadequada das peças plásticas, e à OP.290, que trata do congestionamento na calha transportadora, gerando paradas manuais e riscos ergonômicos. Além disso, a OP.80 apresenta riscos críticos relacionados ao manuseio e posicionamento da bobina na plissadeira, incluindo possibilidade de danos ao material e acidentes de trabalho devido a falhas no travamento ou orientação incorreta. A OP.120.2, por sua vez, evidencia a importância da desumidificação eficaz do papel antes do goframento, já que o papel úmido compromete a ativação da resina e a integridade do produto final. Para todos esses casos, foram propostas ações como automação de parâmetros de processo, instalação de sensores e bloqueios, melhorias nos dispositivos de movimentação, manutenção preventiva e treinamentos direcionados, visando mitigar riscos e garantir a robustez do processo produtivo.

De forma geral, a aplicação da FMEA proporcionou uma visão sistêmica e estruturada dos riscos do processo produtivo, permitindo não apenas a priorização de ações corretivas, mas também o fortalecimento da cultura de prevenção dentro do ambiente fabril. As recomendações levantadas, embora não implementadas no escopo deste trabalho, oferecem subsídios consistentes para a tomada de decisão e para o desenvolvimento de planos de melhoria contínua.

Por fim, ressalta-se que este estudo contribui tanto para a robustez do processo analisado quanto para a expansão do conhecimento técnico na aplicação da FMEA em processos industriais do setor automotivo. Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação da etapa de otimização proposta no manual AIAG & VDA (2019), bem como a integração da FMEA com outras ferramentas da qualidade, como controle estatístico de processos (CEP) e análise de modos de falha baseada em dados históricos de manutenção.

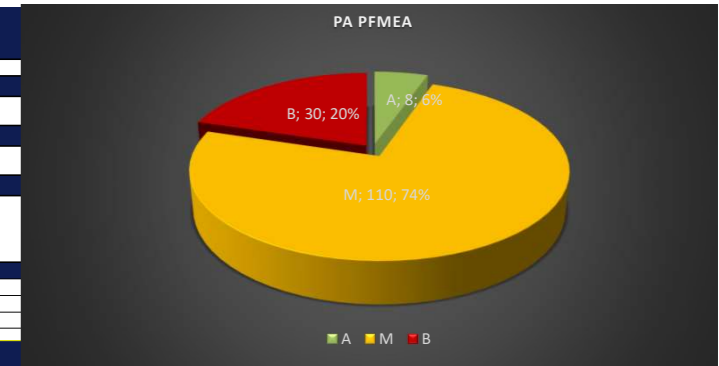
## REFERÊNCIAS

- Ahlstrom. **Filtration Papers for Engine Applications**. 2022. Informações técnicas sobre gramatura e tratamento químico. Disponível em: <https://www.ahlstrom.com>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- AIAG & VDA. **FMEA - Failure Mode and Effects Analysis - Manual de Análise de Modos de Falha e Efeitos**. Southfield, Michigan, 2019. 1ª Edição. 248 p. Disponível em: <https://www.aiag.org>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- CARLSON, C. S. **Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis**. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.
- Hengst SE. **Produtos e Soluções para Sistemas de Filtragem**. 2025. <https://www.hengst.com/>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- Hot Melt Glue Industrial Solutions. **PUR hot melt adhesives used in automotive industry**. 2023. <https://www.hot-melt-glue.com/en/news.php?act=view&id=69>. “Automakers choose reactive polyurethane hot melts (PUR) [...] for good solvent and chemical resistance.”. Acesso em: 12 jun. 2025.
- IATF – INTERNATIONAL AUTOMOTIVE TASK FORCE. **Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos particulares para aplicação da ISO 9001:2015 para produção automotiva e peças de reposição automotiva**. Detroit, 2016.
- ISHIKAWA, K. **Guide to Quality Control**. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1986.
- MIKULAK, R. J.; MCDERMOTT, R.; BEAUREGARD, M. **The Basics of FMEA**. 2. ed. New York: CRC Press, 2009.
- STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution**. 2. ed. Milwaukee, WI: ASQ Quality Press, 2003.
- STAMATIS, D. H. **The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis**. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2014.

## APÊNDICE A – PMEA

**ANÁLISE DO MODO DE E EFEITO DA FALHA DE PROCESSO HENGST - PFMEA (DESCRIÇÃO DO FILTRO)  
(CLIENTE / ITEM HENGST)**

<b>Nome da peça</b>	<b>Data da criação do PFMEA</b>	<b>Local Da Manufatura</b>
Filtros de motor a combustão	05/05/2025	Joinville - SC
<b>Número ID - PFMEA</b>	<b>Responsável pelo Processo</b>	<b>Equipe multifuncional</b>
01-FEF	Felipe Reinaldo Bressan	Uso Empresarial
<b>Observações</b>		
	Segurança	Significativa
	Critica	Poka Yoke
		Estoque Interno
-> Simbologias para identificação de processos internos		
<b>Controle de revisões:</b>	<b>Número da Revisão</b>	<b>Data da Revisão</b>
	Rev. 1	01/05/2025
	Rev. 2	
	Rev. 3	



MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)			ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)			ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)			Controle Atual de Prevenção (CP) da CF	Ocorrência (O) da CF	Controles Atuais de Detecção (CD) da CF ou MF	Detecção (D) da CF/MF	PA PFMEA	Características Especiais	Código para Filtro (Opcional)
	1. Item do Processo Elemento do Sistema, Subsistema, Peça ou Nome do Processo	2. Etapa do Processo No. da Estação e Nome do Elemento Foco	3. Elemento do Trabalho do Processo ① Homem ② Máquina ③ Material ④ Ambiente	1. Função do Item do Processo Função do Elemento do Sistema, Subsistema, Peça ou Processo	2. Função da Etapa do Processo e Característica do Produto	3. Função do Elemento do Trabalho do Processo e Característica do Processo	1. Efeitos da Falha (EF)	Severidade (S) do EF	2. Modo de Falha (MF) da Etapa do Processo							

**1. RECEBIMENTO**

Rev. 01 -> Operação 10	OP. 10 - Descarregamento (Bobina + BAG granulado + Componentes).	① Operador	Função do Elemento: Realizar o descarregamento dos materiais  Característica do Processo: Conforme JI-1-05222.	Função da Etapa: Processo de retirada dos produtos do veículo de entrega quando chega ao local de recebimento por operadores treinados e com equipamentos logísticos	Sua Planta: Tombamento do bag / bobina. O produto pode ser descartado (em parte ou na totalidade). Manutenção das instalações para retomada do processo. Velocidade de linha reduzida ou mão de obra adicional. S=5  Planta de Envio: Rejeição do lote; necessidade de devolução ou substituição do material. S=7  Usuário Final:	7	Não verificação da compatibilidade da embalagem do produto com a embalagem especificada	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	M		
					Sua Planta: Tombamento do bag / bobina. O produto pode ser descartado (em parte ou na totalidade). Manutenção das instalações para retomada do processo. Velocidade de linha reduzida ou mão de obra adicional. S=5  Planta de Envio: Rejeição do lote; necessidade de devolução ou substituição do material. S=7  Usuário Final:	7	Movimentação do produto com o equipamento/dispositivos inadequado	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	M		
					Sua Planta: O produto pode ter avarias e ser descartado em parte ou em sua totalidade. S=7  Planta de Envio: Rejeição do lote; necessidade de devolução ou substituição do material. S=5  Usuário Final:	7	Movimentação do produto de forma inadequada	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	M		
							Imperícia/Imprudência do operador	Capacitação dos operadores	3	Visual	8	M			
		② Empilhadeira	Função do Elemento: Retirar os produtos do veículo de entrega.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05222.	Sua Planta: Manutenção corretiva do equipamento ou uso de equipamento alternativo. S=5  Planta de Envio: Atraso no recebimento do material. S=5  Usuário Final:	5	Equipamento não responde	Falta de bateria	Plano de manutenção preventiva / Instrução de trabalho	3	Visual	5	B			



MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)											
Operação 4U		amostragem.	② Instrumentos de medição	Característica do Produto: Produtos conforme especificações técnicas de desenho	Função do Elemento: Garantir a confiabilidade para medição dos materiais entregues pelos fornecedores estão de acordo com as especificações técnicas exigidas e serão disponibilizados para a linha itens aprovados  Característica do Processo: Conforme JI 10707	Sua Planta: Retrabalho para nova inspeção e armazenagem. S=3  Planta de Envio: Processamento de produto fora de especificação. S=7  Usuário Final: Perda de desempenho do filtro na operação do motor. S=5	7	Erro no valor de medição.	Equipamento sem certificado com normas técnicas	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	1	Visual	6	B		
Rev. 01 -> Operação 50		OP. 50 - Transporte e Armazenagem na área de Estoque.	① Operador	Função da Etapa: Processo de movimentação com equipamentos logísticos para armazenar os itens no estoque	Função do Elemento: Realizar a armazenagem dos materiais na área de estoque com segurança  Característica do Processo: Conforme JI-1-05222 JI-1-05193	Sua Planta: Dificuldade de localização do produto. Erro no controle de estoque (FIFO). S=7  Planta de Envio: Atraso no despacho do produto. S=5  Usuário Final:	7	Produto estocado em local incorreto.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	M		
						Sua Planta: Tombamento do bag / bobina. O produto pode ser descartado (em parte ou na totalidade). Manutenção das instalações para retomada do processo. Velocidade de linha reduzida ou mão de obra adicional. S=5  Planta de Envio: Rejeição do lote; necessidade de devolução ou substituição do material. S=7  Usuário Final:	7	Movimentação do produto com o equipamento/dispositivos inadequado	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	M		
						Sua Planta: O produto pode ter avarias e ser descartado em parte ou em sua totalidade. S=7  Planta de Envio: Rejeição do lote; necessidade de devolução ou substituição do material. S=5  Usuário Final:	7	Movimentação do produto de forma inadequada	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	M		
						Sua Planta: Manutenção corretiva do equipamento ou uso de equipamento alternativo. S=5  Planta de Envio: Atraso no recebimento do material. S=5  Usuário Final:	5	Equipamento não responde	Falta de bateria	Plano de manutenção preventiva / Instrução de trabalho	3	Visual	5	7 B		
			① Operador	Sua Planta: Garantir o	Função do Elemento: Programar a temperatura e tempo conforme datasheet do material  Característica do Processo: Conforme JI-1-05153  Min : 12 hrs e 100 ° C ± 20° C	Sua Planta: O produto pode ter que ser novamente desumidificado para que no processo de soldagem da tampa não cause bolhas. S=5  Planta de Envio: Possível não conformidade com os requisitos, ocasionando devoluções ou interrupções na linha produtiva subsequente. S=6  Usuário Final: Falha de vedação ou soltura da tampa durante o uso, e gerando risco de entrada de contaminantes no sistema do motor. S=7	7	Falha na execução da programação.	Não seguimento do protocolo para desumidificação da matéria prima (escolha errada dos parâmetros de desumidificação).	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	8	A		

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)			ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)									
Rev. 01 -> Operação 60	Abastecedor	OP. 60 - Colocar peças plásticas em estufa para desumidificação.	② Estufa	tempo necessário para desumidificação das tampas.  Planta de Envio: Fornecer componentes desumidificados e prontos para uso, evitando devoluções ou retrabalhos causados por defeitos de origem térmica.  Usuário Final: Assegurar a integridade do conjunto filtrante, prevenindo falhas estruturais resultantes de tampas mal fixadas ou com delaminação prematura.	Função da Etapa: Processo para retirar a umidade da matéria prima para não aflorar a peça injetada  Característica do Produto: Coloração uniforme da peça	Função do Elemento: Ter espaço para toda a programação de peças necessárias.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05153  Min : 12 hrs e 100 ° C ± 20° C	Sua Planta: O produto pode ter que ser novamente desumidificado para que no processo de soldagem da tampa não cause bolhas. S=5  Planta de Envio: Possível não conformidade com os requisitos, ocasionando devoluções ou interrupções na linha produtiva subsequente. S=6  Usuário Final: Falha de vedação ou soltura da tampa durante o uso, e gerando risco de entrada de contaminantes no sistema do motor. S=7	7	Temperatura de desumidificação inadequada / excesso.	Resistência queimada.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	CLP desumidificador	5	M
			④ Ambiente			Função do Elemento: Garantir a temperatura inserida no ambiente  <b>Característica do Processo: Conforme JI-1-05153</b>  <b>Min : 12 hrs e 100 ° C ± 20° C</b>	Sua Planta: Atraso para a entrada do processo de desumidificação. S=5  Planta de Envio: Atraso ou interrupções na linha produtiva subsequente. S=6  Usuário Final: Falha de vedação ou soltura da tampa durante o uso, e gerando risco de entrada de contaminantes no sistema do motor. S=7	7	Tempo de desumidificação insuficiente.	Fora das características do processo.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	6	M

## 2. INJEÇÃO

Rev. 01 -> Operação 70	Injeção Plástica	OP. 70 -Conforme PFMEAs de injeção OE	① Operador	Sua Planta: Injetar as peças (fornecedor interno)  Planta de Envio:  Usuário Final:	<a href="#">PFMEA de injeção</a> <a href="#">(FORA DO ESCOPO DESTE TCC)</a>										
------------------------	------------------	---------------------------------------	------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## 3. FÁBRICA DE ELEMENTOS FILTRANTES

Rev. 01 -> Operação 80		OP. 80 - Posicionar a bobina na entrada da plissadeira com a garra de movimentação.	① Operador		Função da Etapa: Processo de posicionamento da bobina na máquina de plissagem do papel.	Função do Elemento: Posicionar a bobina correta a ser processada conforme sequenciamento de produção  Característica do Processo: Conforme JI-1-05623	Sua Planta: Aumento dos refugos; parte da produção pode ter que ser retrabalhada; desvio do processo primário. S=5  Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo; Aumento dos refugos; parte da produção pode ter que ser retrabalhada. S=7  Usuário Final: Perda de função primária do veículo necessária para condução normal durante a vida útil esperada, diminuição da área de plissagem por falta de embossing. S=6	7	Processar a bobina errada.	Não confrontar a etiqueta com a medida padrão da bobina.	Instruções de trabalho / Treinamento / Etiqueta	3	Checklist de controle de dimensões	6	72 M
									Identificação incorreta da bobina.	Instruções de trabalho / Treinamento / Etiqueta	3	Checklist de controle de dimensões	6	M	
									Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento / Etiqueta	4	Visual	6	M	

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)											
			② Garra Pneumática			Sua Planta: Danificar a bobina. Ocasional acidentes de trabalho. S=10 Planta de Envio: Usuário Final:	10	Garra gira ao fazer o tombamento da bobina (rotacionar o eixo da máquina).	Não travar o eixo com a bobina no suporte da máquina.	Instruções de trabalho / Treinamento	3	Visual	6	A		
						Função do Elemento: Suspender a bobina para encaixar o eixo na máquina. Característica do Processo: Conforme JI-1-05623, JI-1-06233	Sua Planta: Danificar a bobina. Ocasional acidentes de trabalho. S=10 Planta de Envio: Usuário Final:	10	Não inflar o eixo pneumático de travamento.	Falha no sistema pneumático	Instruções de trabalho / Treinamento	2	Visual	6	A	
Rev. 01 -> Operação 90	OP. 90 - Realizar setup na Plissadeira.	① Operador		Função da Etapa: Processo de trocar o rolo gofrador e estrela e fazer ajustes na plissadeira. Função do Elemento: Realizar a troca de ferramentais e fazer os ajustes de forma correta conforme especificações de documento Característica do Processo: Conforme JI-1-05614, JI-1-05619, JI-1-05620, JI-1-05622	Sua Planta: Ferramentais deslocarem durante a plissagem do papel. Aumento dos refugos. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=5 Planta de Envio: Usuário Final:	5	Não parafusar os ferramentais.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	B			
					Sua Planta: Cofragem incorreta ou fraca do papel. Aumento dos refugos. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=5 Planta de Envio: Usuário Final:	5	Não encaixar as mangueiras de engate rápido.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	B			
					Sua Planta: Derrubar o rolo ou a estrela no chão. Danificação do ferramental. Aumento dos refugos. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=7 Planta de Envio: Usuário Final:	7	Não travamento correto do carrinho de deslocamento dos ferramentais.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	M			
					Sua Planta: Rompimento da corrente ou não tracionamento do rolo. Manutenção corretiva da máquina. S=7 Planta de Envio: Usuário Final:	7	Não engatar a corrente com esticador corretamente.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	M	73		
					Sua Planta: Colisão entre o pente e estrela. Perda de ferramental. Aumento de refugo. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=7 Planta de Envio: Usuário Final:	7	Não ajustar a altura do pente.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	M			
					Sua Planta: Papel raspar ou bater na barra na passagem do forno. Sujidade no papel. Travamento do papel na barra. Aumento de refugo. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=5 Planta de Envio: Usuário Final:	5	Deixar a posição da barra rente ao papel.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	B			
		① Operador		Função da Etapa: Processo	Característica do Processo:	Sua Planta: Papel ondular na passagem do forno. Aumento de refugo. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=5 Planta de Envio: Usuário Final:	5	Deixar a posição da barra muito afastada do papel.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	B		

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)									
Rev. 01 -> Operação 100	OP. 100 - Realizar setup do forno	② Forno	de ajustar altura da barra do forno, temperatura e velocidade no painel do forno	Conforme JI-1-05614, JI-1-05621	Sua Planta: Tempo de cura inferior ou superior ao especificado. Papel não curar ou curar excessivamente. . Aumento de refugo. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=5	7	Colocar a velocidade do forno ou temperatura incorreta.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	3	Aplicação de clereto férrico III / Visual	6	M	
					Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo. Aumento dos refugos. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. S=7									
Rev. 01 -> Operação 110	OP. 110 - Alterar a receita na IHM da plissadeira conforme modelo	① Operador	Função da Etapa: Processo de inputar a receita certa na IHM da plissadeira	Função do Elemento: Colocar a receita correta na IHM <b>Característica do Processo: Conforme JI-1-05614</b>	Sua Planta: Incapacidade de realizar o setup da máquina. S=5	5	Falha na IHM.	Resistência queimada.	Instruções de trabalho / Treinamento	3	IHM / Alarmes	6	M	
					Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo. Aumento dos refugos. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. S=7									
Item do processo: Plissar Papel	OP. 120. 1 - Plissar.	② Plissadeira	Função do item do processo: Sua Planta: Plissar o papel para deixa-lo de forma sanfonada. Planta de Envio: Fornecer o papel corretamente plissado, pronto para ser colado. Usuário Final: Garantir a área filtrante adequada para retenção de contaminantes e funcionamento eficiente do sistema.	Função do Elemento: Plissar e marca o papel. <b>Característica do Processo: JI-1-05614</b>	Sua Planta: Processar o papel com divergência das especificações do modelo. Aumento de refugo. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=5	7	Excesso de resina nas facas.	Falta de Limpeza	Instruções de trabalho / Checklist / Plano de controle (PJ) / Limpeza dos rolo gofradores	4	Visual	6	M	
					Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo. Aumento dos refugos. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. S=7									
Item do processo: Plissar Papel	OP. 120. 1 - Plissar.	② Plissadeira	Função do item do processo: Sua Planta: Plissar o papel para deixa-lo de forma sanfonada. Planta de Envio: Fornecer o papel corretamente plissado, pronto para ser colado. Usuário Final: Garantir a área filtrante adequada para retenção de contaminantes e funcionamento eficiente do sistema.	Função do Elemento: Plissar e marca o papel. <b>Característica do Processo: JI-1-05614</b>	Sua Planta: Dobra do papel mal executada. Interrupção da produção e aumento de refugo. Possível necessidade de limpeza corretiva não planejada do equipamento. S = 5	7	Temperatura muito elevada no rolo gofrador.	Não cumprimento da instrução de trabalho	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	M	74
					Planta de Envio: Produto pode apresentar falhas visuais e estruturais perceptíveis em inspeção. Pode demandar retrabalho ou gerar bloqueio de lotes na expedição. S = 6									
Item do processo: Plissar Papel	OP. 120. 1 - Plissar.	② Plissadeira	Função do item do processo: Sua Planta: Plissar o papel para deixa-lo de forma sanfonada. Planta de Envio: Fornecer o papel corretamente plissado, pronto para ser colado. Usuário Final: Garantir a área filtrante adequada para retenção de contaminantes e funcionamento eficiente do sistema.	Função do Elemento: Plissar e marca o papel. <b>Característica do Processo: JI-1-05614</b>	Sua Planta: Corte do papel durante a gofragem. Interrupção da produção e aumento de refugo. Possível necessidade de limpeza corretiva não planejada do equipamento. S = 5	7	Inclinação nos ajustes do rolo gofrador.	Não ajustar no início da operação a inclinação do rolo gofrador.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M	
					Planta de Envio: Produto fora de padrão pode ser identificado em inspeção de qualidade. Risco de retrabalho, atraso na liberação ou rejeição de lotes. S = 6									

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)										
Rev. 01 -> Operação 120					Sua Planta: Contaminação do papel durante o processamento. Aumento de refugo e necessidade de parada para manutenção corretiva do equipamento. Possível risco de danos em outros componentes da linha. S = 6  Planta de Envio: Produto com impurezas metálicas pode ser detectado na inspeção de qualidade. Geração de não conformidade e bloqueio de lotes. Risco de retrabalho ou descarte total do lote afetado. S = 7  Usuário Final: Partículas metálicas no filtro podem ser liberadas no sistema de admissão do motor, causando danos ao veículo. Potencial risco de falha funcional grave e comprometimento da segurança. S = 9	9	Desgaste na estrela por colisão com o pente devido.	Posicionamento errado da estrela.	Instruções de trabalho / Treinamento	2	Visual	6	M		
	OP. 120. 2 - Pré-aquecimento.	② Resistência / Rolo	Função da Etapa: Pré-aquecer para retirada de umidade do papel.	Função do Elemento: Pré-aquecer para retirada de umidade do papel.  <b>Característica do Processo: JI-1-05614</b>	Sua Planta: Papel úmido impede ativação adequada da resina, resistência comprometida durante o goframento e dobra. Aumento de refugo, paradas para inspeção. S = 5  Planta de Envio: Produto pode apresentar plissas irregulares ou deformadas, gerando não conformidade visual e funcional. Risco de rejeição na inspeção de qualidade e necessidade de retrabalho. S = 6  Usuário Final: Falhas na formação das plissas reduzem a área útil de filtragem, comprometendo a eficiência do filtro. Possível falha funcional precoce e risco de redução do desempenho do motor. S = 7	7	Ausência ou falha na etapa de desumidificação do papel antes do goframento.	Resistência queimada.	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual / Controladores	7	A		
	OP. 120. 3 - Curar papel.	② Forno	Função da Etapa: Função do Elemento: Curar o papel.	Função do Elemento: Curar o papel.  <b>Característica do Processo: Conforme JI-1-05614, JI-1-05621</b>	Sua Planta: Tempo de cura inferior ou superior ao especificado. Papel não curar ou curar excessivamente. . Aumento de refugo. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. Desvio do processo primário. S=5  Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo. Aumento dos refugos. Parte da produção pode ter que ser retrabalhada ou descartada. S=7  Usuário Final: Diminuição da área de plissagem por falta de embossing. Perda de função primária do veículo necessária para condução normal durante a vida útil esperada. S=6	7	Resistência queimadas e o forno não aquecer na temperatura setada.	Resistência queimada.	Instruções de trabalho / Treinamento	3	Aplicação de clareto férrico III / Visual	6	M		
	OP. 120. 4 - Cortar conforme marcação.	① Operador	Função da Etapa: Processo de cortar nas especificações do filtro.	Função do Elemento: Operador garante o funcionamento das máquinas e realiza o corte do papel plissado de maneira correta.  <b>Característica do Processo: Conforme JI-1-05613, JI-1-05616, JI-1-05625, JI-1-05651, JI-1-05654, JI-1-05672, JI-1-05612.</b>	Sua Planta: Erro no corte final do papel gera componente fora de especificação. Aumento de refugo e necessidade de novo corte ou reaproveitamento parcial do papel. S = 5  Planta de Envio: Filtro com quantidade incorreta de plissas pode ser identificado em inspeção dimensional. Risco de retrabalho ou rejeição do lote. S = 6  Usuário Final: Redução da área de filtragem pode comprometer a performance do filtro, aumentando restrição ao fluxo ou diminuindo a vida útil. Possível falha funcional em campo. S = 7	7	Não cortar o papel na marcação da tinta.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
					Sua Planta: Papel com acabamento irregular nas bordas. Pode gerar retrabalho para limpeza ou substituição do corte. Aumento de refugo e necessidade de manutenção preventiva da lâmina. S = 4  Planta de Envio: Produto pode ser identificado com acabamento fora do padrão durante inspeção visual. Risco de devolução de lote ou bloqueio para verificação adicional. S = 5  Usuário Final:	5	Falha operacional no corte ou ferramenta de corte sem fio	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
					Sua Planta: Colisão do papel com partes móveis da plissadeira. Parada imediata da produção, risco de danos mecânicos e necessidade de manutenção corretiva. Aumento de refugo e perda de tempo produtivo. S = 6  Planta de Envio:  Usuário Final:	6	Emenda de bobinas mal executada ou passar a emenda na estrela no modo automático da plissadeira.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	B		



MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)										
Rev. 01 -> Operação 150	Item do processo: Colar Papel	OP. 150 - Alterar a receita na IHM do torpedo conforme o modelo a ser colado	② Torpedo	Função do Elemento: Comportar a troca dos tubos, slider's e quebras do kit ferramental e ajustar os dispositivos da máquina para processar o modelo especificado  <b>Característica do Processo:</b> Conforme JI-1-05605, JI-1-05611	Sua Planta: Papel colado com deslocamento vertical entre as plissas. Aumento dos refugos; parte da produção pode ter que ser retrabalhada; desvio do processo primário. S = 5  Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo; aumento dos refugos; parte da produção pode ter que ser retrabalhada. S = 7  Usuário Final: Desalinhamento vertical das plissas pode reduzir a área de filtragem útil e comprometer a vedação do elemento filtrante, afetando a eficiência e vida útil do produto. S = 6	7	Altura do carro incorreta (roller edge).	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	M		
			② Torpedo		Sua Planta: Colisão entre ferramentais. Quebra de ferramentais; S = 5 Planta de Envio: Danos no equipamento podem causar falha de produção contínua, atraso no cronograma e risco de envio de produto não conforme. S = 6  Usuário Final:	6	Concentricidade dos tubos e ferramentais incorreta.	Não alinhar e prender os ferramentais corretamente	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	B		
Rev. 01 -> Operação 150	Item do processo: Colar Papel	OP. 150 - Alterar a receita na IHM do torpedo conforme o modelo a ser colado	① Operador	Função da Etapa: Realizar a troca da receita na IHM da torpedo  <b>Característica do Processo:</b> Conforme JI-1-05607	Sua Planta: Danificar o papel durante o processo de quebra ou faltar cola nas extremidades, comprometendo a formação correta do elemento filtrante. S = 5  Planta de Envio: Possível envio de componentes não conformes para as próximas etapas, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode resultar em falha estrutural do elemento filtrante durante o uso, reduzindo a eficiência da filtragem. S = 8	8	Carregar receita errada na IHM da torpedo.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	3	Visual	6	M		
			② Torpedo		Sua Planta: Cilindro que empurra o papel não funciona, interrompendo o avanço do papel e paralisando a operação. S = 7  Planta de Envio:  Usuário Final	7	Parada do modo automático da torpedo.	Não resetar a máquina após o setup.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual Sensores da Torpedo	5	M		
Rev. 01 -> Operação 160	Item do processo: Colar Papel	OP. 160 - Colar papel plissado	① Operador	Função do Elemento: Introduzir o papel plissado na entrada da torpedo conforme instruções de trabalho  <b>Característica do Processo:</b> Conforme JI-1-05608, JI-1-05606, JI-1-05610	Sua Planta: Excesso de cola compromete o acabamento do elemento filtrante e pode dificultar a montagem nas próximas etapas. S = 5  Planta de Envio: Possível envio de componentes com excesso de adesivo, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode afetar o encaixe no alojamento e causar falhas de vedação. S = 8	8	Falta de ajuste do bico da cola	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M	77	
					Sua Planta: Papel sem cola gera falha na fixação do elemento, comprometendo a montagem do filtro. S = 6  Planta de Envio: Possível envio de componentes sem vedação, exigindo retrabalho ou descarte. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode resultar em perda da eficiência do elemento filtrante durante o uso. S = 8	8	Falta de abastecimento do coleiro	Não monitorar o nível de cola no reservatório	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
			② Torpedo		Sua Planta: Cilindro que empurra o papel não funciona, interrompendo o avanço do papel e paralisando a operação. S = 7  Planta de Envio:  Usuário Final	7	Parada do modo automático da torpedo.	Não resetar a máquina após o setup.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual Sensores da Torpedo	5	M		
					Sua Planta: A utilização de papel danificado ou contaminado pode afetar a qualidade do produto e gerar refugo ou retrabalho. S = 5  Planta de Envio: Pode passar despercebido pela inspeção e comprometer a qualidade percebida por clientes internos ou gerar devolução de lote. S = 6  Usuário Final: Partículas soltas podem contaminar o sistema do veículo, comprometendo a função do filtro e possivelmente o motor. S = 8	8	Armazenar papel não conforme especificações.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)								
Rev. 01-> Operação 170	OP. 170 - Inspeccionar colagem do papel e armazenar	① Operador	Função da Etapa: Inspeccionar colagem do papel e armazenar	Função do Elemento: Inspeccionar colagem, alinhamento radial e axial do papel, tirar o excesso de cola e armazenar no Kanban  <b>Característica do Processo:</b> Conforme JI-1-05608, JI-1-05653	Sua Planta: Dificuldade na identificação do modelo pode causar uso incorreto de componentes, retrabalhos e perda de rastreabilidade. S = 5  Planta de Envio: Modelo incorreto pode não ser detectado, resultando em envio de produto fora da especificação e possíveis devoluções. S = 6  Usuário Final: Filtro incompatível pode comprometer o funcionamento do sistema, gerando falhas ou danos ao motor. S = 8	8	Armazenagem e/ou identificação incorreta	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M
					Sua Planta: Contaminação do papel durante a estocagem. Risco de transferência de impurezas para o processo produtivo. Aumento de refugo e possibilidade de paradas para limpeza ou inspeção. S = 5  Planta de Envio: Contaminação pode não ser percebida em inspeções visuais e afetar a qualidade final do produto. Possível bloqueio ou devolução de lote após testes de performance. S = 6  Usuário Final: Partículas aderidas ao papel podem se desprender durante o uso, contaminando o sistema do veículo. Risco de falha funcional e danos ao motor ou ao sistema de combustível. S = 8	8	Papel ou artok sujo	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Utilizar bag de exportação nas caixas airtok para não contaminar o papel	3	Visual	6	M
Rev. 01-> Operação 180	OP. 180 - Alterar a receita no painel na Ultrassom	① Operador	Função da Etapa: Realizar a troca da receita na IHM da ultrassom	Função do Elemento: Realizar a troca da receita na IHM e garantir que os parâmetros estejam corretos  <b>Característica do Processo:</b> Conforme JI-1-05628	Sua Planta: Solda com divergência das especificações do modelo. Aumento dos refugos; parte da produção pode ter que ser retrabalhada; desvio do processo primário. S=5  Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo; Aumento dos refugos; parte da produção pode ter que ser retrabalhada. S=7  Usuário Final: Perda de função primária do veículo necessária para condução normal durante a vida útil esperada, vazamento pela falta de soldagem correta da vedação. S=6	7	Carregar receita errada na IHM da ultrassom.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	5	M
					Função do Elemento: Estar com todas as receitas previamente cadastradas.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05628	6	Receita com erro ou falta de receita na IHM da ultrassom.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	4	Visual	6	M
Rev. 01-> Operação 180	OP. 180 - Alterar a receita no painel na Ultrassom	② Ultrassom	Função da Etapa: Realizar a troca da receita na IHM da ultrassom	Função do Elemento: Estar com todas as receitas previamente cadastradas.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05628	Sua Planta: Soldagem de componentes incorretos compromete a montagem e gera refugo. S = 6  Planta de Envio: Possível envio de peças com montagem incorreta, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode causar falha de encaixe ou vedação no uso final. S = 8	8	Soldar componentes incorretos	Abastecer componentes errados.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M
					Sua Planta: Posição da vedação incorreta compromete a vedação do conjunto e gera refugo. S = 6  Planta de Envio: Possível envio de peças com defeito de vedação, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode gerar vazamento e falha de desempenho do filtro. S = 8	8	Montar a vedação de forma incorreta.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M
					Sua Planta: Falta de vedação detectada após a soldagem, gerando refugo imediato. S = 6  Planta de Envio: Possível envio de peças sem vedação, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode causar vazamento e perda de funcionalidade do filtro. S = 9	9	Soldar anel plástico sem vedação	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)	ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)	ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)											
Rev. 01-> Operação 190	OP. 190 -Soldar o anel plástico na tampa plástica inferior junto com a vedação verde e armazenar o conjunto soldado	Função da Etapa:Soldar a vedação entre a tampa e o anel plástico.	Sua Planta: Dificuldade na identificação do modelo pode causar uso incorreto de componentes, retrabalhos e perda de rastreabilidade. S = 5  Planta de Envio: Modelo incorreto pode não ser detectado, resultando em envio de produto fora da especificação e possíveis devoluções. S = 6  Usuário Final: Filtro incompatível pode comprometer o funcionamento do sistema, gerando falhas ou danos ao motor. S = 8	8	Armazenagem e/ou identificação incorreta	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M			
			Sua Planta: Peça com altura do alojamento da vedação incorreta, gerando não conformidade dimensional. S = 6  Planta de Envio: Envio de peça fora de especificação, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode causar falha de vedação e entrada de contaminantes. S = 9	8	Deformação dimensional devido ao tempo excessivo de solda	Tempo de solda excessivo.	Instruções de trabalho / Treinamento / Calibrador	5	Visual / Inspeção com calibrador	5	M			
			Função do Elemento: Realizar a soldagem.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05629	8	Parâmetros de solda muito elevados.	Tempo de solda excessivo.	Instruções de trabalho / Treinamento / Calibrador	5	Visual / Inspeção com calibrador	5	M			
			Sua Planta: Solda com aspecto queimado compromete o acabamento visual e pode indicar degradação do material. S = 5  Planta de Envio: Possível envio de peças com não conformidade estética ou estrutural, exigindo retrabalho. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode haver falha na resistência da solda durante o uso. S = 8	8	Parâmetros de solda muito elevados.	Tempo de solda excessivo.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	6	M			
	② Ultrassom	Sua Planta: Soldar ou colocar vedações para minimizar vazamentos dos itens em contato.	Planta de Envio: Soldar Tampa e Papel.  Usuário Final: Vedar a parte interior do elemento filtrante para filtrar impurezas dos óleos e combustíveis.	Sua Planta: Montagem incorreta com componentes errados, gerando refugo imediato. S = 6  Planta de Envio: Possível envio de peças incompatíveis com o projeto, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode resultar em falha funcional durante a operação do filtro. S = 8	8	Soldar componentes incorretos	Abastecer componentes errados.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
Rev. 01-> Operação 200	OP. 200 - Soldar o feltro na tampa plástica inferior.	Função da Etapa:Soldar a tampa e o feltro.	Sua Planta: Feltro soldado em posição incorreta compromete o alinhamento do conjunto e gera refugo. S = 6  Planta de Envio: Envio de peças com montagem incorreta, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode haver falha de vedação ou montagem no cliente. S = 8	8	Soldar feltro em posição incorreta	Colocar o feltro de forma incorreta.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M			
			Sua Planta: Dificuldade na identificação do modelo pode causar uso incorreto de componentes, retrabalhos e perda de rastreabilidade. S = 5  Planta de Envio: Modelo incorreto pode não ser detectado, resultando em envio de produto fora da especificação e possíveis devoluções. S = 6  Usuário Final: Filtro incompatível pode comprometer o funcionamento do sistema, gerando falhas ou danos ao motor. S = 8	8	Armazenagem e/ou identificação incorreta	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M			
			Sua Planta: Não garantir a solda entre a tampa e o feltro compromete a fixação do conjunto e gera refugo. S = 7  Planta de Envio: Possível envio de peças com falha de união, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 8  Usuário Final: Se não detectado, pode ocorrer descolamento do feltro durante o uso. S = 8	8	Não garantir a solda entra a tampa e o feltro	Parâmetros de solda incorretos.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M			
			Função do Elemento: Realizar a soldagem.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05627	8	Parâmetros de solda muito elevados.	Tempo de solda excessivo.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	6	M			
	① Operador													
	② Ultrassom													

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)										
Rev. 01-> Operação 210	OP. 210-Colocar a vedação na tampa superior.	① Operador	Função da Etapa: Colocar a vedação na tampa superior.	Função do Elemento: Posicionar a vedação no furo ao centro da tampa.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05642	Sua Planta: Utilização de componentes incorretos compromete a montagem e gera retrabalho. S = 6  Planta de Envio: Possível envio de peças fora da especificação, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode causar falha de vedação e mau funcionamento do filtro. S = 8	8	Colocar componentes incorretos	Abastecer componentes errados.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
					Sua Planta: Dificuldade na identificação do modelo pode causar uso incorreto de componentes, retrabalhos e perda de rastreabilidade. S = 5  Planta de Envio: Modelo incorreto pode não ser detectado, resultando em envio de produto fora da especificação e possíveis devoluções. S = 6  Usuário Final: Filtro incompatível pode comprometer o funcionamento do sistema, gerando falhas ou danos ao motor. S = 8	8	Armazenagem e/ou identificação incorreta	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
					Sua Planta: Posição da vedação incorreta ou ausência da vedação compromete a montagem e gera refugo. S = 6  Planta de Envio: Possível envio de peça sem vedação, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 7  Usuário Final: Se não detectado, pode gerar vazamento e falha funcional do filtro ou falha na montagem do elemento. S = 8	8	Montar a vedação de forma incorreta.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
Rev. 01-> Operação 220	OP. 220 - Abastecer componentes (papel colado, tampa superior, tampa inferior, innertube e corpo de válvula) na termofusão	① Operador	Função da Etapa: Abastecer os componentes que compõem o filtro montado na termofusão	Função do Elemento: Garantir que a termofusão esteja sempre abastecida com os componentes corretos e nas posições corretas de abastecimento  Característica do Processo: Conforme JI-1-06225, JI-1-05642	Sua Planta: Aumento dos refugos. S=7  Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo; Aumento dos refugos. S=5  Usuário Final: Perda de função primária do veículo necessária para condução normal durante a vida útil esperada, vazamento pela falta de soldagem correta das tampas com o papel. S=6	7	Abastecer os componentes errados na termofusão	Não verificar a identificação dos componentes.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
Rev. 01-> Operação 230	OP. 230 - Realizar setup de ferramentais na Termofusão	① Operador	Função da Etapa: Realizar a troca dos ferramentais para o modelo especificado	Função do Elemento: Realizar a troca do do kit ferramental e ajustar os parâmetros nos testes das primeiras peças.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05635, JI-1-05636, JI-1-05639, JI-1-05634, JI-1-05644.	Sua Planta: Solda entre tampa e papel ineficaz gera aumento dos refugos. S = 7  Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo; aumento dos refugos. S = 5  Usuário Final:	7	Montagem incorreta do kit de tubos internos e limitadores		Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		08
					Função do Elemento: Estar apto para a troca de ferramentais para os diversos modelos a serem produzidos.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05635, JI-1-05636, JI-1-05639, JI-1-05634, JI-1-05644.	7	Ferramental solto.	Tamanho de parafusos incorretos	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
Rev. 01-> Operação 240	OP. 240 -Alterar a receita na IHM da termofusão conforme o modelo a ser produzido	① Operador	Função da Etapa: Realizar a troca da receita na IHM da termofusão	Função do Elemento: Realizar a troca da receita na IHM e garantir que os parâmetros estejam corretos  Característica do Processo: Conforme JI-1-05636, JI-1-05633, JI-1-05637, JI-1-05641, JI-1-05643.	Sua Planta: Solda com divergência das especificações do modelo, gerando aumento dos refugos. S = 7  Planta de Envio: Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo; aumento dos refugos. S = 5  Usuário Final: Perda de função primária do veículo necessária para condução normal durante a vida útil esperada, vazamento pela falta de soldagem correta das tampas com o papel. S = 6	7	Carregar receita errada na IHM da termofusão	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual	6	M		
					Função do Elemento: Estar com todas as receitas previamente cadastradas.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05636, JI-1-05633, JI-1-05637, JI-1-05641, JI-1-05643.	7	Receita com erro ou falta de receita na IHM.	Ateração das receitas no IHM.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)									
Rev. 01-> Operação 250	OP. 250 - Soldar papel colado em tampas plásticas	① Operador	Função da Etapa: Soldar papel colado em tampas plásticas	Função do Elemento: Posicionar componentes e papel na máquina e apertar o start.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05638, JI-1-05063, JI-1-06224, JI-1-05674, JI-1-05651, JI-1-05654, JI-1-05672.	Sua Planta: Diâmetro interno menor gera peça fora de especificação e aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto fora do padrão dimensional pode seguir para a próxima etapa, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode causar falha de encaixe ou vedação no sistema. S = 6	7	Montagem incorreta dos componentes na estação de trabalho.	Não utilizar innertube, ou vedações nos filtros que são necessários.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	5	M	
					Utilizar componentes incorretos.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	5	M				
					Sua Planta: Danificar o papel compromete a integridade do elemento filtrante e gera aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Possível envio de componentes com falha não visível, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode ocorrer ruptura do papel em serviço, reduzindo a eficiência da filtragem. S = 8	8	Não fechar os clamps antes de iniciar o processo.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M	
					Sua Planta: Papel maior que a tampa compromete a fixação e o acabamento, gerando aumento dos refugos. S = 6 Planta de Envio: Produto fora de padrão pode seguir para a próxima etapa, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 4 Usuário Final: Se não detectado, pode haver falha de vedação ou montagem incorreta no sistema. S = 7	7	Sujeira no mecanismo de clamps por falta de limpeza	Falta do procedimento de limpeza.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M	
		② Termofusão		Função do Elemento: Esquentar a tampa e pressionar o papel para soldagem.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05638, JI-1-05063, JI-1-06224, JI-1-05674, JI-1-05651, JI-1-05654, JI-1-05672.	Sua Planta: Falta de aquecimento da tampa compromete a fixação do papel, gerando aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto com falha de união pode ser enviado, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode ocorrer descolamento do papel durante o uso, comprometendo a função do filtro. S = 6	7	Tampa sem aquecimento.	Lâmpada queimada.	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual / CLP	6	M	
					Sua Planta: Cilindro de inserção não desloca corretamente, não penetrando a tampa no papel, resultando em falha de soldagem e aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto pode seguir com soldagem incompleta, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode ocorrer descolamento do conjunto durante o uso, comprometendo a funcionalidade do filtro. S = 8	8	Cilindro de inserção não desloca corretamente.	Falha na rede pneumática.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	4	Visual / CLP	6	M	
							Parâmetros de solda diferente do recomendado.	Instruções de trabalho / Treinamento	4	Visual / CLP	6	M		
							Ferramental fora de posição.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais / Prato de gabarito	5	Visual	6	M		
							Rebarbas de injeção.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
							Falha operacional.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
Rev. 01-> Operação 260	OP. 260 - Encaixar o corpo de válvula no pino da tampa inferior	① Operador	Função da Etapa: Encaixar o corpo de válvula no pino da tampa superior.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05638	Sua Planta: Encaixe incorreto do corpo de válvula gera montagem inadequada e aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto com falha de montagem pode seguir adiante, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode causar vazamento ou perda da função de retenção do fluido. S = 8	8	Não encaixar o pino corretamente.			5	Visual	6	M		
				Sua Planta: Falta de encaixe do corpo de válvula impede a montagem correta e gera aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto pode ser encaminhado com montagem incompleta, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode ocorrer falha funcional ou vazamento durante o uso. S = 8	8	Não encaixar o pino	Falha operacional.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
Rev. 01-> Operação 270	OP. 270-Encaixar a vedação e Anel sobretampa.	① Operador	Função da Etapa: Encaixar a vedação e Anel sobretampa inferior.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05638, JI-1-05642.	Sua Planta: Não garantir o fornecedor correto para o mercado solicitado. S = 7 Planta de Envio: Produto pode ser enviado sem vedação adequada, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, não estará conforme a norma do cliente específico, porém nafeta a qualidade do produto. S = 6	7	Colocar componentes incorretos.	Falha operacional.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
				Sua Planta: Posição incorreta ou ausência da vedação compromete a montagem e gera aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto pode ser enviado sem vedação adequada, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode gerar vazamento e perda de função de vedação durante o uso. S = 8	8	Posição da vedação incorreta ou a falta de vedação.	Falha operacional.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)											
					Sua Planta: Posição incorreta ou ausência da vedação compromete a montagem e gera aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto pode ser enviado sem vedação adequada, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode gerar vazamento e perda de função de vedação durante o uso. S = 8	8	Encaixe insuficiente da sobretampa.	Rebarbas de injeção.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M			
Rev. 01-> Operação 280	OP. 280-Realizar testes de liberação: Renotest e teste de tração	① Operador	Função da Etapa: Realizar testes para liberação do produto soldado.	Função do Elemento: Encaixar o filtro no berço da máquina de tração e realizar o teste conforme a receita do elemento Função do Elemento: Encaixar o filtro no tanque de renoteste e liberar o ar comprimido. Característica do Processo: Conforme JI-1-05638, JI-1-05642.	Sua Planta: Falta de resistência à tração indica montagem incorreta ou falha de processo, gerando refugo. S = 7 Planta de Envio: Produto pode seguir para a próxima etapa sem atender à especificação técnica, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final:	7	Elemento fora de posição.		Instruções de trabalho, checklist, PJ's.	4	Visual / Célula de carga	4	M			
					Sua Planta: Vazamento com pressão abaixo do especificado indica falha de montagem ou vedação, gerando aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto defeituoso pode seguir sem detecção, exigindo plano de reação. S = 5	7	Elemento fora de posição.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho, checklist, PJ's.	4	Visual / Manômetro	4	M			
				Aua Planta: Elemento sem vazão de ar impede o teste de estanqueidade, gerando falha na inspeção e aumento dos refugos. S = 6 Planta de Envio: Produto pode ser aprovado incorretamente e seguir para a próxima etapa ou gerar atraso na liberação do equipamento. S = 5 Usuário Final:	6	Falta de pressão na rede pneumática.	Falha na rede pneumática.	Instruções de trabalho, checklist, PJ's.	4	Visual / Manômetro	4	M				
				Sua Planta: Bolhas de ar antes da pressão desejada indicam falha de montagem ou vedação, gerando refugo. S = 7 Planta de Envio: Produto pode seguir com vedação comprometida, exigindo bloqueio ou plano de reação. S = 5 Usuário Final:	7	Vazamento pela tampa	Elemento mal encaixado.	Instruções de trabalho, checklist, PJ's.	4	Visual / Manômetro	4	M				
		② Renotest		Função do Elemento: Liberar o ar comprimido e verificar vazamentos. Característica do Processo: Conforme JI-1-05063,	Sua Planta: Falta de resistência à tração indica solda comprometida, ou equipamento não conforme, gerando aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto fora de especificação pode ser encaminhado, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 5 Usuário Final:	7	Ferramental e receita incorretas.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho, checklist, PJ's.	4	Visual / Célula de carga / Poka Yoke	4	M	82		
					Função do Elemento: Realizar o teste de tração e verificar a uniformidade e qualidade da solda. Característica do Processo: Conforme JI-1-06224	7	Velocidade de deslocamento elevada.	Alteração na receita	Instruções de trabalho, checklist, PJ's.	4	Visual / Célula de carga	4	M			
					Sua Planta: Falta de resistência à tração indica solda comprometida, ou equipamento não conforme, gerando aumento dos refugos. S = 7 Planta de Envio: Produto fora de especificação pode ser encaminhado, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 5 Usuário Final:	7	Distância do elemento incorreta.	Alteração na receita	Instruções de trabalho, checklist, PJ's.	4	Visual / Célula de carga	4	M			
		② Tração					Sua Planta: Congestionamento da calha transportadora leva à parada manual do processo e interrupção do fluxo produtivo. S = 7 Planta de Envio: Usuário Final:	7	Colocar os filtros na vertical.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	7	Visual	6	A	
							Função do Elemento: Posicionar corretamente os filtros prontos na calha transportadora Característica do Processo: Conforme JI-1-05638									
		Rev. 01-> Operação 290		OP. 290 - Colocar filtros prontos na calha transportadora	① Operador	Função da Etapa: Transportar os filtros para a operação de inspeção e armazenagem	Função do Elemento: Posicionar corretamente os filtros prontos na calha transportadora Característica do Processo: Conforme JI-1-05638	Sua Planta: Congestionamento da calha transportadora leva à parada manual do processo e interrupção do fluxo produtivo. S = 7 Planta de Envio: Usuário Final:	7	Colocar os filtros na vertical.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	7	Visual	6	A

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)										
Rev. 01-> Operação 300	OP. 300 - Inspeccionar o filtro montado e armazenar para gravação a laser	① Operador	Função da Etapa: Inspeccionar filtros e armazenar para gravação a laser	Função do Elemento: Inspeccionar visualmente 100% e garantir que todos os filtros selecionados estejam em conformidade com o padrão de qualidade, bem como separar os refugos e registrá-los  Característica do Processo: Conforme JI-1-05647, JI-1-05653	Sua Planta: Filtro com falhas na solda, papel ou ausência de componentes não é identificado, comprometendo o controle interno de qualidade. S = 6  Planta de Envio: Produto defeituoso segue para a próxima etapa ou para o cliente, exigindo plano de reação. S = 5  Usuário Final: Se não detectado, pode causar falha funcional grave durante o uso do filtro. S = 8	8	Não identificar visualmente falhas evidentes no produto.	Falha operacional de inspeção	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
					Sua Planta: Filtro sem o corpo de válvula passa despercebido na inspeção, gerando grave falha de controle e aumento dos retrabalhos. S = 7  Planta de Envio: Produto incompleto pode ser enviado, exigindo bloqueio urgente e plano de reação. S = 6  Usuário Final: Falta do corpo de válvula compromete utilização do filtro. S = 8	8	Filtro sem o corpo de válvula	Falha operacional de inspeção	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
					Sua Planta: Contaminação do elemento durante a estocagem. Risco de transferência de impurezas para o processo produtivo. Aumento de refugo e possibilidade de paradas para limpeza ou inspeção. S = 5  Planta de Envio: Contaminação pode não ser percebida em inspeções visuais e afetar a qualidade final do produto. Possível bloqueio ou devolução de lote após testes de performance. S = 6  Usuário Final: Partículas aderidas ao papel podem se desprender durante o uso, contaminando o sistema do veículo. Risco de falha funcional e danos ao motor ou ao sistema de combustível. S = 8	8	Papel ou artok sujo	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Utilizar bag de exportação nas caixas airtok para não contaminar o papel	3	Visual	6	M		
Rev. 01-> Operação 310	OP. 310 - Abastecer componentes para colagem de espuma.	① Operador	Função da Etapa: Abastecer espuma e filtros para a colagem da espuma.	Função do Elemento: Abastecer os filtros da termofusão na máquina de colar espuma.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05675	Sua Planta: Aumento dos refugos; parte da produção pode ter que ser retrabalhada; desvio do processo primário. S=6  Planta de Envio: Produto não conforme desencadeia plano de reação; parte da produção pode ter que ser retrabalhada. S=5  Usuário Final: Processo sem perda de função primária do veículo necessária para condução normal durante a vida útil esperada. S=3	6	Espuma incorreta ( Nacional ou Importada).	Abastecer os componentes errados.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
Rev. 01-> Operação 320	OP. 320 - Colar espuma nos elementos filtrantes.	① Operador	Função da Etapa: Colar espuma envolta da tampa inferior.	Função do Elemento: Posicionar a espuma em volta dos pinos, e posicionar o filtro no cilindro para a colagem da espuma.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05675	Sua Planta: Cola fora do local da espuma compromete o acabamento e a fixação da peça, gerando aumento dos refugos. S = 6  Planta de Envio: Produto com colagem incorreta pode ser enviado, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 4  Usuário Final:	6	Espuma solta.	Espuma não centralizada.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
					Sua Planta: Dano ao poliéster compromete a estrutura do filtro e gera aumento dos refugos. S = 7  Planta de Envio: Produto danificado pode ser enviado sem detecção visual imediata, exigindo plano de reação. S = 5  Usuário Final: Se não detectado, pode ocorrer falha estrutural ou ruptura durante o uso. S = 8	8	Filtro não encaixado completamente.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		
		Sua Planta: Excesso de cola compromete o acabamento e pode afetar o processo de montagem, gerando refugo. S = 6  Planta de Envio: Produto com falha visual ou funcional pode seguir, exigindo retrabalho ou bloqueio. S = 4  Usuário Final: Se não detectado, pode haver dificuldade de montagem ou falha de vedação. S = 7	7	Excesso de cola	Regulagem do bico irregular	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M					
Item do processo: Colar Espuma E500KP		② Colar Espuma	Sua Planta: Colar a fita de espuma na parte inferior do elemento filtrante.  Planta de Envio: Gravar a rastreabilidade dos elementos filtrantes.  Usuário Final: Espuma efetua a limpeza do módulo na troca do filtro.	Função do Elemento: Realizar a aplicação de cola no papel e colar a espuma.  Característica do Processo: Conforme JI-1-05675	Sua Planta: Falta de cola compromete o acabamento e pode afetar o processo de montagem, gerando refugo. S = 6			Bico trancado.	Instruções de trabalho / Treinamento	5	Visual	6	M		



MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)												
Operação 360		gravação a laser	② Laser	elemento filtrante para filtrar impurezas dos óleos e combustíveis.	especificações acordadas com o cliente	Função do Elemento: Gravar o filtro do berço, Estar com a gravação do seu modelo e o código de rastreio.  Característica do Processo: Conforme JI-1-06092, JI-1-05645	Sua Planta: Falha de reconhecimento de superfície impede a gravação, gerando interrupção do processo e aumento dos refugos. S = 6  Planta de Envio: Produto pode ser enviado sem gravação ou com identificação incompleta, exigindo bloqueio. S = 5  Usuário Final: Se não detectado, pode comprometer a rastreabilidade e o uso correto do produto. S = 6	6	Falha contínua de reconhecimento de superfície.	Falta de iluminação.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	4	Visual / Câmera da Gravadora	4	B		
Rev. 01-> Operação 360		OP. 360 - Inspeccionar elemento filtrante gravado	① Operador		Função da Etapa: inspeccionar visualmente a qualidade da gravação	Função do Elemento: Realizar a inspeção garantindo a qualidade da gravação.  Característica do Processo: Conforme JI-1-06092, JI-1-05618	Sua Planta: Falta de gravação não identificada na inspeção compromete o controle de qualidade e gera aumento dos refugos. S = 7  Planta de Envio: Produto sem identificação pode ser enviado, exigindo contenção e plano de reação. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode impedir a rastreabilidade, afetar o controle de garantia e gerar uso indevido do filtro. S = 8	8	Falta de gravação.	Falha operacional de inspeção	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	6	M		
		OP. 360 - Inspeccionar elemento filtrante gravado	① Operador				Sua Planta: Gravação desalinhada não identificada compromete o padrão visual e gera refugo por não conformidade. S = 6  Planta de Envio: Produto com identificação fora do padrão pode ser bloqueado ou gerar retrabalho. S = 4  Usuário Final: Se não detectado, pode dificultar a leitura do código e afetar a rastreabilidade. S = 6	6	Gravação desalinhada	Falha operacional de inspeção	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	6	B		
							Sua Planta: Código de rastreio incorreto não identificado compromete a rastreabilidade e pode gerar retrabalho ou descarte. S = 7  Planta de Envio: Produto com identificação errada pode ser enviado, dificultando o controle de produção e exigindo bloqueio. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode impedir a rastreabilidade, dificultar ações de garantia, recalls. S = 6	6	Código de rastreio incorreto.	Falha operacional de inspeção	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Visual	6	B		
		OP. 370 - Embalar elemento filtrante OEM	① Operador		Função da Etapa: Embalar elemento filtrante em caixas destinadas para a linha de montagem.  OEM: Embalar em caixas de papelão.	Função do Elemento: Embalar filtros gravados conforme especificações  <b>Característica do Processo: Conforme JI-1-06083</b>	Sua Planta: Embalagem de filtros não gravados compromete o controle interno de qualidade e gera aumento dos refugos. S = 7  Planta de Envio: Produto sem identificação pode ser enviado, exigindo bloqueio e plano de reação. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode impedir a rastreabilidade e o controle de aplicação do filtro. S = 7	7	Embalar filtros não gravados	Falha operacional.	Instruções de trabalho	3	Visual	6	M		
							Sua Planta: Contaminação do elemento durante a embalagem gera não conformidade e aumento dos refugos. S = 6  Planta de Envio: Produto contaminado pode ser enviado, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5  Usuário Final: Se não detectado, pode comprometer o desempenho do filtro e permitir passagem de contaminantes. S = 7	7	Elemento contaminado com sujidade da embalagem.	Não tomar os cuidados contra sujidade.	Instruções de trabalho	3	Visual	6	M		
							Sua Planta: Caixa com identificação incorreta pode causar troca de produto e gerar retrabalho ou descarte. S = 6  Planta de Envio: Produto com identificação errada pode ser enviado, gerando bloqueio e ação corretiva. S = 5  Usuário Final: Se não detectado, pode resultar na instalação de modelo incorreto, comprometendo o funcionamento e a segurança. S = 7	7	Caixa identificada com modelo incorreto.	Imprimir identificação de modelo incorreto.	Instruções de trabalho	3	Visual	6	M		

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)		ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)		ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)												
Rev. 01 -> Operação 370	Item do processo: Embalar Filtros	OP. 370 - Embalar elemento filtrante OES	① Operador	Sua Planta:Embalar os elementos filtrantes.  Planta de Envio : Expedição dos elementos.  Usuário Final: Utilizar o elemento filtrante para filtrar impurezas dos óleos e combustíveis.	Função do Elemento: Embalar filtros gravados conforme especificações  Característica do Processo: ConformeJI-1-06087, JI-1-06093, JI-1-05653, JI-1-05673, JI-1-05666, JI-1-06084, JI-1-06082.	Sua Planta: Embalagem de filtros não gravados compromete o controle interno de qualidade e gera aumento dos refugos. S = 7  Planta de Envio: Produto sem identificação pode ser enviado, exigindo bloqueio e plano de reação. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode impedir a rastreabilidade e o controle de aplicação do filtro. S = 7	7	Embalar filtros não gravados	Falha de inspeção.	Instruções de trabalho	3	Visual	6	M			
						Sua Planta: Falta de filtro na caixa compromete a conformidade do produto e exige retrabalho imediato. S = 7  Planta de Envio: Produto incompleto pode ser expedido, exigindo bloqueio e ação corretiva. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, o cliente receberá a embalagem sem o filtro, causando falha total na entrega e insatisfação imediata. S = 9	9	Não colocar o filtro na caixa.	'Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho	5	Visual	8	A			
						Sua Planta: Falta de O'ring na caixa compromete a conformidade do produto e gera retrabalho imediato. S = 7  Planta de Envio: Produto incompleto pode ser expedido, exigindo bloqueio e ação corretiva. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode gerar falha de vedação e perda da função do filtro. S = 9	9	Não colocar O'ring na caixa.	Não seguimento da instrução de trabalho.	Instruções de trabalho	6	Visual	8	A			
						Sua Planta: Plástico do fardo não uniforme compromete a apresentação e pode gerar retrabalho estético. S = 4  Planta de Envio: Produto com embalagem fora do padrão pode ser bloqueado para reembalagem. S = 3  Usuário Final: Se não detectado, causa apenas impacto visual, sem afetar a função do filtro. S = 2	4	Plástico do fardo não uniforme.	Não regular a centralização do fardo.	Instruções de trabalho	3	Visual	6	B			
						Sua Planta: Plástico não estar totalmente encolhido compromete o padrão visual e pode gerar retrabalho estético. S = 4  Planta de Envio: Produto com embalagem fora do padrão pode ser bloqueado para reembalagem. S = 3  Usuário Final: Se não detectado, causa apenas impacto visual, sem afetar a função do filtro. S = 2	4	Plástico não estar totalmente encolhido.	Não regular temperatura do forno e da régua.	Instruções de trabalho	1	Visual	6	B			
			②Embaladora	Função da Etapa: Embalar elemento filtrante conforme plano de embalagem para OES  OES: Embalar em displays automáticos.	Função do Elemento:Enfardar as caixas de filtros de acordo com as especificações.  Característica do Processo: ConformeJI-1-06087, JI-1-06093, JI-1-05653, JI-1-05673, JI-1-05666, JI-1-05669, JI-1-05669, JI-1-06084, JI-1-06082.	Sua Planta: Caixa ou O'rings incorretos comprometem a conformidade do produto e geram aumento dos refugos. S = 7  Planta de Envio: Produto incorreto pode ser enviado, exigindo bloqueio e ação corretiva. S = 6  Usuário Final: Se não detectado, pode causar falha de vedação e perda da função do filtro. S = 9	9	Caixa ou O'rings incorretos.	Abastecimento de materiais incorretos	Instruções de trabalho	6	Visual	8	A	08		
						Sua Planta: Plástico do fardo não uniforme compromete a apresentação e pode gerar retrabalho estético. S = 4  Planta de Envio: Produto com embalagem fora do padrão pode ser bloqueado para reembalagem. S = 3  Usuário Final: Se não detectado, causa apenas impacto visual, sem afetar a função do filtro. S = 2	4	Plástico do fardo não uniforme.	Não regular a centralização do fardo.	Instruções de trabalho	3	Visual	6	B			
						Sua Planta: Plástico não estar totalmente encolhido compromete o padrão visual e pode gerar retrabalho estético. S = 4  Planta de Envio: Produto com embalagem fora do padrão pode ser bloqueado para reembalagem. S = 3  Usuário Final: Se não detectado, causa apenas impacto visual, sem afetar a função do filtro. S = 2	4	Plástico não estar totalmente encolhido.	Não regular temperatura do forno e da régua.	Instruções de trabalho	1	Visual	6	B			

MELHORIA CONTÍNUA	ANÁLISE DA ESTRUTURA (PASSO 2)			ANÁLISE DE FUNÇÃO (PASSO 3)			ANÁLISE DE FALHA (PASSO 4)									
Rev. 01 -> Operação 380	OP. 380 - Inspeção de Sujidade	① Operador		Função da Etapa: Processo de auditoria em testes laboratoriais para verificar se o processo de montagem foi realizado sem sujidades	Função do Elemento: Separar os elementos liberado para a testes. Característica do Processo: Conforme JI-1-04970.	Sua Planta: Contaminação do elemento durante a embalagem gera não conformidade e aumento dos refugos. S = 6 Planta de Envio: Produto contaminado pode ser enviado, exigindo bloqueio ou retrabalho. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode comprometer o desempenho do filtro e permitir passagem de contaminantes. S = 7	7	Sujidade fora do especificado em desenho nos módulos montados e embalados para o cliente	Não seguimento da Instrução de Trabalho.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	5	Teste em laboratório especializado em sujidade	6	M		

#### 4. EXPEDIÇÃO


































Rev. 01 -> Operação 390	OP. 390 - Estocar peças	① Operador	Função da Etapa: Processo de armazenagem das peças após inspeção e antes das expedição	Função do Elemento: Armazenar as peças identificadas em local correto e transferir item pelo sistema Característica do Processo: Conforme JI-1-05792	Sua Planta: Armazenamento em local incorreto pode causar perda de rastreabilidade interna e atrasos no processo. S = 5 Planta de Envio: Pode resultar no envio de peças erradas para a próxima etapa, exigindo bloqueio e correção. S = 4 Usuário Final: Se não detectado, pode levar ao recebimento de produto errado, gerando insatisfação e atraso na aplicação. S = 5	5	Estocar em local incorreto	Falta de Identificação das peças ou espaço físico para armazenar	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	B		
		② Empilhadeira		Função do Elemento: Carregar os pallets até a vaga destinada. Característica do Processo: Conforme JI-1-05792	Sua Planta: Manutenção corretiva do equipamento ou uso de equipamento alternativo. S=5 Planta de Envio: Atraso no recebimento do material. S=5 Usuário Final:	5	Equipamento não responde	Falta de bateria	Plano de manutenção preventiva / Instrução de trabalho	3	Visual	5	B		
Rev. 01 -> Operação 400	OP. 400 - Enviar peças OE para a linha de montagem	① Operador	Função da Etapa: Processo de envio de elementos filtrantes para a linha de montagem. Sua Planta: Garantir que os materiais expedidos estejam de acordo com a NFS Planta de Envio: Entrega para o mercado automotivo. Usuário Final: Utilizar o elemento filtrante para filtrar impurezas dos óleos e combustíveis.	Função do Elemento: Abastecer linha de montagem conforme ordem de produção Característica do Processo: Conforme JI-1-05792	Sua Planta: Falta de peças na linha interrompe o processo produtivo e gera parada de produção. S = 6 Planta de Envio: Falta de elementos para o processo de montagem ou venda. S=7 Usuário Final:	7	Não enviar peças para a linha de montagem	Não seguimento da Instrução de Trabalho	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	M	87	
		② Empilhadeira		Função do Elemento: Carregar os pallets até a vaga destinada. Característica do Processo: Conforme JI-1-05792	Sua Planta: Manutenção corretiva do equipamento ou uso de equipamento alternativo. S=5 Planta de Envio: Atraso no recebimento do material. S=5 Usuário Final:	5	Equipamento não responde	Falta de bateria	Plano de manutenção preventiva / Instrução de trabalho	3	Visual	5	B		
Rev. 01 -> Operação 410	OP. 410 - Expedir peças OES e IAM para o cliente	① Operador	Função da Etapa: Processo de expedição dos elementos filtrantes para o cliente final Característica do Produto:	Função do Elemento: Realizar a separação das peças conforme estipulado em NFS Característica do Processo: Conforme JI-1-05787	Sua Planta: Falha na separação das peças conforme NFS gera atraso no atendimento ao cliente interno/externo. S = 6 Planta de Envio: Produto não enviado ou enviado incompleto pode gerar bloqueio e necessidade de reprogramação logística. S = 5 Usuário Final: Se não detectado, pode causar atraso, gerando insatisfação. S = 7	7	Não separar e enviar peças para o cliente.	Não seguimento da Instrução de Trabalho.	Instruções de trabalho / Auxílios Visuais	3	Visual	8	M		
		② Empilhadeira		Função do Elemento: Carregar os pallets até a vaga destinada. Característica do Processo: Conforme JI-1-05787	Sua Planta: Manutenção corretiva do equipamento ou uso de equipamento alternativo. S=5 Planta de Envio: Atraso no recebimento do material. S=5 Usuário Final:	5	Equipamento não responde	Falta de bateria	Plano de manutenção preventiva / Instrução de trabalho	3	Visual	5	B		
























## **APÊNDICE B – FLUXOGRAMA DE OPERAÇÕES**



	Retrabalho
	Crítica (especial)
	Segurança (especial)
	Poka Yoke
	Inspeção Visual
	Estoque interno
	Significativa

ETAPA DO PROCESSO	OPERAÇÃO	CARACTERÍSTICA	ITEM DO PROCESSO	REFERENCIA
<b>1. RECEBIMENTO</b>				
Operação 10		N/A	Descarregamento (Bobina).	JI-1-05222
			Descarregamento (Bag Granulado).	JI-1-05222
			Descarregamento (Componentes).	JI-1-05222
Operação 20			Transporte e armazenagem na área de recebimento.	JI-1-05222
Operação 30			Inspeção e identificação de recebimento - Logística.	JI-1-05222
Operação 40			Inspeção da Qualidade por amostragem.	Conforme PFMEAs OE
Operação 50			Transporte e armazenagem na área de estoque.	JI-1-05222 JI-1-05193
Operação 60			Colocar peças plásticas em estufa para desumidificação.	JI-1-05153
<b>2. INJEÇÃO</b>				
Operação 70		N/A	Conforme PFMEAs de injeção OE.	N/A
<b>3. FEF</b>				
Operação 80			Posicionar a bobina na entrada da plissadeira com a garra de movimentação.	JI-1-05623
Operação 90			Realizar setup de ferramentais na Plissadeira.	JI-1-05614 JI-1-05619 JI-1-05620 JI-1-05622
Operação 100			Realizar setup do forno.	JI-1-05614 JI-1-05621
Operação 110			Alterar a receita na IHM da plissadeira conforme modelo.	JI-1-05614
Operação 120			Plissar, curar papel e cortar conforme marcação.	JI-1-05613 JI-1-05616 JI-1-05625 JI-1-05651 JI-1-05654 JI-1-05672

Operação 130		  	Inspeccionar papel plissado e armazenar.	J1-1-05612 J1-1-05624 J1-1-05653
Operação 140		N/A	Realizar setup de ferramentais no Torpedo (Bonding Machine) conforme o modelo a ser colado.	J1-1-05605 J1-1-05611
Operação 150		N/A	Alterar a receita na IHM do torpedo conforme o modelo a ser colado.	J1-1-05607
Operação 160		N/A	Colar papel plissado.	J1-1-05608 J1-1-05606 J1-1-05610
Operação 170		 	Inspeccionar colagem do papel e armazenar.	J1-1-05608 J1-1-05653
Operação 180		 	Alterar a receita no painel na Ultrassom.	J1-1-05628
Operação 190		  	Soldar o anel plástico na tampa plástica inferior.	J1-1-05629
Operação 200		  	Soldar o feltro na tampa plástica inferior.	J1-1-05627
Operação 210		  	Colocar a vedação na tampa superior.	J1-1-05642
Operação 220			Abastecer componentes (papel colado, tampa superior, tampa inferior, inertube e corpo de válvula) na termofusão.	J1-1-06225 J1-1-05642
Operação 230		N/A	Realizar setup de ferramentais na Termofusão.	J1-1-05635 J1-1-05636 J1-1-05639 J1-1-05634 J1-1-05644
Operação 240		 	Alterar a receita na IHM da termofusão conforme o modelo a ser produzido.	J1-1-05636 J1-1-05633 J1-1-05637 J1-1-05641 J1-1-05643
Operação 250		N/A	Soldar papel colado em tampas plásticas.	J1-1-05638 J1-1-05063 J1-1-06224 J1-1-05674 J1-1-05651 J1-1-05654 J1-1-05672
Operação 260		 	Encaixar o corpo de válvula no pino da tampa inferior no filtro	J1-1-05638
Operação 270		 	Encaixar a vedação e Anel sobretampa.	J1-1-05638 J1-1-05642
Operação 280		 	Realizar testes de liberação: Renotest e teste de tração.	J1-1-05063 J1-1-06224
Operação 290		N/A	Colocar filtros prontos na calha transportadora.	J1-1-05638
Operação 300		  	Inspeccionar o filtro montado e armazenar.	J1-1-05647 J1-1-05653

Operação 310			Abastecer componentes para colagem de espuma.	JI-1-05675
Operação 320		N/A	Colar espuma nos elementos filtrantes.	JI-1-05675
Operação 330		  	Inspeccionar colagem de espuma e armazenar.	JI-1-05675
Operação 340		N/A	Realizar setup da Gravação a laser.	JI-1-06081 JI-1-06088 JI-1-06078 JI-1-05656 JI-1-06090 JI-1-05658
Operação 350		 	Realizar gravação a laser.	JI-1-06092 JI-1-05645
Operação 360		  	Inspeccionar elemento filtrante gravado.	JI-1-06092 JI-1-05645
Operação 370		N/A	Embarcar elemento filtrante.	JI-1-06087 JI-1-06093 JI-1-05653 JI-1-05673 JI-1-05666 JI-1-06083 JI-1-06084 JI-1-06082
Operação 380			Inspeção de Layout.	JI-1-04970 JI-1-05669
<b>4. EXPEDIÇÃO</b>				
Operação 390			Estocar peças.	JI-1-05792
Operação 400		N/A	Enviar peças OE para a linha de montagem.	JI-1-05792
Operação 410	 	N/A	Expedir peças OES para o cliente.	JI-1-05787

**ANEXO A – TABELA C2.1 SEVERIDADE (S) DA PFMEA**

TABELA C2.1 SEVERIDADE (S) DO PFMEA				
CRITÉRIO GERAL PARA AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DO PROCESSO (S)				
EFEITOS POTENCIAIS DE FALHA PONTUADOS CONFORME OS CRITÉRIOS ABAIXO				
S	EFEITO	IMPACTO EM SUA PLANTA	IMPACTO NA PLANTA DE ENVIO (quando conhecido)	IMPACTO NO USUÁRIO FINAL (quando conhecido)
10	Alto	A falha pode resultar em um risco agudo para a saúde e/ou segurança do trabalhador da fabricação ou montagem.	A falha pode resultarem um risco agudo para a saúde e/ou segurança do trabalhador da fabricação ou montagem.	Afeta a operação segura do veículo e/ou outro veículo, a saúde do motorista ou passageiro(s) ou usuários da estrada ou pedestre.
9		A falha pode resultar em não conformidade da planta com as regulamentações	A falha pode resultar em não conformidade da planta com as regulamentações	Não conformidade com regulamentações
8	Moderadamente Alto	100% da produção afetada pode ter que ser descartada.	Parada de linha maior que o turno total de produção; parada nos embarques possíveis; necessário reparo ou substituição (montagem até usuário final) exceto para não conformidade regulamentar.	Perda de função primária do veículo necessária para condução normal durante a vida útil esperada
7		O produto pode ter que ser selecionado e uma parte (menos de 100%) ser descartada; desvio do processo primário; velocidade de linha reduzida ou mão de obra adicional	Parada de linha maior que o turno total de produção; parada nos embarques possíveis; necessário reparo ou substituição (montagem até usuário final) exceto para não conformidade regulamentar.	Degradação de função primária do veículo necessária para condução normal durante a vida útil esperada.
6	Moderadamente baixo	100% da produção pode ter que ser retrabalhada fora da linha e aceita.	Parada de linha por até uma hora.	Perda de função secundária do veículo.
5		Uma parte da produção pode ter que ser retrabalhada fora da linha e aceita.	Menos de 100% dos produtos são afetados; é grande a possibilidade de produtos defeituosos adicionais; seleção é requerida; sem parada de linha	Degradação de função secundária do veículo
4		100% da produção pode ter que ser retrabalhada na estação antes de ser processada.	Produto defeituoso desencadeia plano de reação significativo; produtos defeituosos adicionais não são prováveis, seleção não é requerida.	Aparência, ruído, vibração, rugosidade ou sentido háptico <b> muito desagradável</b>
3	Baixo	Uma parte da produção pode ter que ser retrabalhada na estação antes de ser processada.	Produto defeituoso desencadeia plano de reação pouco significativo; produtos defeituosos adicionais não são prováveis, seleção não é requerida.	Aparência, ruído, vibração, rugosidade ou sentido háptico <b> moderadamente desagradável</b>
2		Leve inconveniência ao processo, operação ou operador	Produto defeituoso não desencadeia plano de reação, produtos defeituosos adicionais não são prováveis, seleção não é requerida. É requerida uma realimentação ao fornecedor.	Aparência, ruído, vibração, rugosidade ou sentido háptico <b> ligeiramente desagradável</b>
1	Muito Baixo	Nenhum efeito perceptível	Nenhum efeito perceptível ou nenhum efeito	Nenhum efeito perceptível

Fonte: AIAG & VDA (2019).

**ANEXO B – TABELA C2.2 OCORRÊNCIA (O) DO PFMEA**

TABELA C2.2 OCORRÊNCIA (O) DO PFMEA			
POTENCIAL DE OCORRÊNCIA (O) PARA O PROCESSO			
<p>Causa potencial da falha pontuadas de acordo com os critérios abaixo. Considere os Controles de Prevenção ao determinar a melhor estimativa de Ocorrência. Ocorrência é uma pontuação qualitativa preditiva feita no momento da avaliação e pode não refletir a ocorrência real. O número de Ocorrência é uma pontuação relativa dentro do escopo do PFMEA (processo sendo avaliado). Para controles de Prevenção com várias pontuações de Ocorrência, use a pontuação que melhor reflita a robustez do controle.</p>			
O	Previsão de ocorrência da causa da falha	Tipo de Controle	Controles de Prevenção
10	<b>Extramamente alta</b>	Nenhum	Nenhum controle de prevenção
9	<b>Muito alta</b>	Comportamental	Controles de prevenção terão pouco efeito na prevenção da causa da falha.
8			
7	<b>Alta</b>	Comportamental ou Técnico	Controles de prevenção pouco eficazes na prevenção da causa da falha
6			
5	<b>Moderada</b>	Comportamental ou Técnico	Os controles de prevenção são eficazes na prevenção da causa da falha.
4			
3	<b>Baixa</b>	Melhores Práticas: Comportamental ou Técnico	Os controles de prevenção são altamente eficazes na prevenção da causa da falha.
2	<b>Muito baixa</b>		
1	<b>Extramamente baixa</b>	Técnico	Os controles de prevenção são extremamente eficazes para evitar que a causa da falha ocorra devido ao projeto (por exemplo, geometria da peça) ou processo (por exemplo, projeto de fixação ou ferramental). Intenção dos controles de prevenção - O modo de falha não pode ser fisicamente produzido devido à causa da falha.
<p>Eficácia do controle de prevenção: Considere se os controles de prevenção são <b>técnicos</b> (dependem da máquina, vida útil da ferramenta, material da ferramenta, etc.) ou se usam as <b>melhores práticas</b> (dispositivos, projeto de ferramentas, procedimentos de calibração, verificação de prova de erro, manutenção preventiva, instruções de trabalho, cartas de controle estatístico do processo, monitoramento de processos, projeto do produto, etc.) ou <b>comportamentais</b> (dependem de operadores certificados ou não certificados, profissionais especializados, líderes de equipe, etc.) ao determinar a eficácia dos controles de prevenção.</p>			

**ANEXO C – TABELA C2.4 DETECÇÃO (D) DO PFMEA**

TABELA C2.4 DETECÇÃO (D) DO PFMEA			
POTENCIAL DETECÇÃO (D) PARA A VALIDAÇÃO DO PROJETO DO PROCESSO			
Controles de Detecção pontuados conforme a Maturidade do Método de Detecção e Oportunidade para Detecção			
D	Previsão de ocorrência da causa da falha	Tipo de Controle	Controles de Prevenção
10	<b>Muito Baixa</b>	Nenhum método de teste ou inspeção foi estabelecido ou é conhecido	O modo de falha não será ou não pode ser detectado
9		É improvável que o método de teste ou inspeção detecte o modo de falha	O modo de falha não é facilmente detectado através de auditorias aleatórias ou esporádicas.
8	<b>Baixa</b>	O método de teste ou inspeção não tem comprovação de eficácia e confiabilidade (por exemplo, a fábrica tem pouca ou nenhuma experiência com método, os resultados de R&R de medição são marginais no processo comparável ou nesta aplicação, etc.)	Inspeção humana (visual, tátil, audível) ou uso de dispositivo manual (atributo ou variável) que deveria detectar o modo de falha ou a causa da falha.
7			Detecção baseada em máquina (semiautomática com notificação através de lâmpadas, alarme sonoro, etc) ou uso de equipamento de inspeção tal como máquina de medição por coordenada que deveria detectar o modo de falha ou a causa da falha.
6	<b>Moderada</b>	O método de teste ou inspeção tem comprovação de eficácia e confiabilidade (por exemplo, a fábrica tem experiência com método, os resultados de R&R de medição são aceitáveis no processo comparável ou nesta aplicação, etc.)	Inspeção humana (visual, tátil, audível) ou uso de dispositivo manual (atributo ou variável) que irá detectar o modo de falha ou a causa da falha (incluindo inspeção de produtos por amostragem).
5			Detecção baseada em máquina (automática com notificação através de lâmpadas, alarme sonoro, etc) ou uso de equipamento de inspeção tal como máquina de medição por coordenada que irá detectar o modo de falha ou a causa da falha. (incluindo inspeção de produtos por amostragem).
4	<b>Alta</b>	Sistema de comprovação da eficácia e confiabilidade (ex.: a fábrica tem experiência com método em processo idêntico ou nesta aplicação); os resultados de R&R de medição são aceitáveis, etc.	Método de detecção automático baseado em máquina que irá detectar o modo de falha nas operações seguintes, prevenir o processamento posterior ou o sistema identificará o produto como discrepante e permitirá que automaticamente avance no processo até a área designada de rejeição para ser descarregado. Produtos discrepantes serão controlados por um sistema robusto que irá prevenir a saída do produto das instalações.
3			Método de detecção automático baseado em máquina que irá detectar o modo de falha na estação, prevenir o processamento posterior ou o sistema identificará o produto como discrepante e permitirá que automaticamente avance no processo até a área designada de rejeição para ser descarregado. Produtos discrepantes serão controlados por um sistema robusto que irá prevenir a saída do produto das instalações.
2			Método de detecção baseado em máquina que irá detectar a causa e prevenir o modo de falha (peça discrepante) de ser produzido.
1	<b>Muito Alta</b>	O modo de falha não pode ser fisicamente produzido conforme projetado ou processado, ou os métodos de detecção comprovados sempre detectam o modo de falha ou a causa da falha	

Fonte: AIAG & VDA (2019).

**ANEXO D – TABELA C2.5 PRIORIDADE DA AÇÃO (PA) DO PFMEA**

TABELA C2.5 PRIORIDADE DA AÇÃO (PA) DO PFMEA						
PRIORIDADE DA AÇÃO (PA)						
Prioridade de Ação é baseada nas combinações de pontuações de Severidade, Ocorrência, e Detecção para priorizar ações para redução de risco.						
EFEITO	S	Previsão de Ocorrência da Causa da Falha	O	Capacidade para Detectar	D	PRIORIDADE DE AÇÃO (PA)
Efeito Muito Alto na Planta ou no Produto	9-10	Muito Alta	8-10	Baixa - Muito Baixa	7-10	A
				Moderada	5-6	A
				Alta	2-4	A
				Muito Alta	1	A
		Alta	6-7	Baixa - Muito Baixa	7-10	A
				Moderada	5-6	A
				Alta	2-4	A
				Muito Alta	1	A
		Moderada	4-5	Baixa - Muito Baixa	7-10	A
				Moderada	5-6	A
				Alta	2-4	A
				Muito Alta	1	M
		Baixa	2-3	Baixa - Muito Baixa	7-10	A
				Moderada	5-6	M
				Alta	2-4	B
				Muito Alta	1	B
Muito Baixa	1	Muito Alta - Muito Baixa	1-10	B		
		Baixa - Muito Baixa	7-10	A		
		Moderada	5-6	A		
		Alta	2-4	A		
Efeito Alto na Planta ou no Produto	7-8	Muito Alta	8-10	Baixa - Muito Baixa	7-10	A
				Moderada	5-6	A
				Alta	2-4	A
				Muito Alta	1	A
		Alta	6-7	Baixa - Muito Baixa	7-10	A
				Moderada	5-6	A
				Alta	2-4	A
				Muito Alta	1	M
		Moderada	4-5	Baixa - Muito Baixa	7-10	A
				Moderada	5-6	M
				Alta	2-4	M
				Muito Alta	1	M
		Baixa	2-3	Baixa - Muito Baixa	7-10	M
				Moderada	5-6	M
				Alta	2-4	B
				Muito Alta	1	B
Muito Baixa	1	Muito Alta - Muito Baixa	1-10	B		
		Baixa - Muito Baixa	7-10	A		
		Moderada	5-6	A		
		Alta	2-4	M		
Efeito Moderado na Planta ou no Produto	4-6	Muito Alta	8-10	Baixa - Muito Baixa	7-10	M
				Moderada	5-6	M
				Alta	2-4	M
				Muito Alta	1	M
		Alta	6-7	Baixa - Muito Baixa	7-10	M
				Moderada	5-6	M
				Alta	2-4	M
				Muito Alta	1	B
		Moderada	4-5	Baixa - Muito Baixa	7-10	M
				Moderada	5-6	B
				Alta	2-4	B
				Muito Alta	1	B
		Baixa	2-3	Baixa - Muito Baixa	7-10	B
				Moderada	5-6	B
				Alta	2-4	B
				Muito Alta	1	B
Muito Baixa	1	Muito Alta - Muito Baixa	1-10	B		
		Baixa - Muito Baixa	7-10	M		
		Moderada	5-6	M		
		Alta	2-4	B		
Efeito baixo na Planta ou no Produto	2-3	Muito Alta	8-10	Baixa - Muito Baixa	7-10	M
				Moderada	5-6	M
				Alta	2-4	B
				Muito Alta	1	B
		Alta	6-7	Baixa - Muito Baixa	7-10	B
				Moderada	5-6	B
				Alta	2-4	B
				Muito Alta	1	B
		Moderada	4-5	Baixa - Muito Baixa	7-10	B
				Moderada	5-6	B
				Alta	2-4	B
				Muito Alta	1	B
		Baixa	2-3	Baixa - Muito Baixa	7-10	B
				Moderada	5-6	B
				Alta	2-4	B
				Muito Alta	1	B
Muito Baixa	1	Muito Alta - Muito Baixa	1-10	B		
		Baixa - Muito Baixa	7-10	M		
		Moderada	5-6	M		
		Alta	2-4	B		
Nenhum efeito perceptível	1	Muito baixa - muito alte	1-10	Muito Alta - Muito Baixa	1-10	B

Fonte: AIAG & VDA (2019).