

**ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MOLDAGEM PARA
ELIMINAÇÃO DE DEFEITO EM VEDAÇÃO AUTOMOTIVA**

**ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE MOLDING PROCESS FOR THE
ELIMINATION OF DEFECTS IN AUTOMOTIVE SEALS**

Miller Martins Lopes, Antônio Vital Lara Junior

Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, Minas Gerais,

miller.lopes@alunos.unis.edu.br

Antonio.lara@professor.unis.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa fabricante de vedações automotivas, com foco na análise e correção de uma falha de infiltração de água em uma guarnição de porta automotiva. A ocorrência do defeito gerou impactos significativos, como retrabalhos, bloqueio de lote e custos adicionais de produção. Para identificar a causa raiz e propor uma solução definitiva, foram aplicadas ferramentas da qualidade, incluindo Brainstorming, Diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês. As análises apontaram que a falha estava relacionada à deformação da aba de vedação causada pela extensão de um inserto que é inserido no molde, que gerava rebarbas e comprometia a estanqueidade da peça. Como proposta de melhoria, foi desenvolvida a modificação do inserto, com a remoção da extensão responsável pelo desalinhamento da cavidade. A solução foi validada por meio de testes de estanqueidade e inspeção visual, comprovando a eliminação do defeito e a manutenção da funcionalidade da peça. O estudo reforça a importância da aplicação estruturada das ferramentas da qualidade para a identificação precisa de causas e o desenvolvimento de soluções técnicas eficazes em processos de moldagem por injeção.

Palavras-chave: Moldagem por injeção; Vedações automotivas; Infiltração; Inserto; Ferramentas da qualidade.

1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva ocupa papel de destaque no cenário econômico mundial e é responsável pelo desenvolvimento de soluções tecnológicas que visam aumentar a segurança, o desempenho e o conforto dos veículos. Entre os diversos componentes empregados nesse setor, as vedações automotivas têm função essencial para garantir a estanqueidade e o isolamento entre os ambientes interno e externo dos automóveis. Essas peças impedem a entrada de água, poeira, ruídos e outros agentes externos que possam comprometer tanto o conforto dos ocupantes quanto a durabilidade dos sistemas do veículo.

A confiabilidade dessas vedações depende diretamente de suas propriedades físico-químicas e da qualidade do processo de fabricação, especialmente a moldagem por injeção, etapa crítica na produção de peças com geometrias complexas e elevada precisão dimensional. Contudo, desvios nos parâmetros de processo, desgaste de moldes, variação de matéria-prima ou falhas operacionais podem gerar defeitos que comprometem a funcionalidade e a satisfação do cliente.

O presente estudo analisou uma falha em vedação de porta automotiva, identificada durante testes de estanqueidade em uma montadora localizada em Gravataí. O problema, caracterizado pela infiltração de água, ocasionou parada de linha por seis minutos, com penalidade de R\$ 20.000,00 por minuto, além do bloqueio de 3.500 peças e abertura de reclamação formal. O evento resultou em impactos financeiros, produtivos e de imagem para a empresa fornecedora, evidenciando a necessidade de uma ação corretiva imediata e definitiva. Na figura 1, mostra o ocorrido e o local onde se encontra a infiltração:

Figura 1: Infiltração de água na parte interna do veículo.



Fonte: O autor (2025).

Diante disso, o presente estudo justificou-se pela necessidade de investigar a fundo o processo de moldagem envolvido, identificar com precisão a causa raiz da falha e propor uma solução viável e de rápida implementação. A correção garante maior confiabilidade da vedação automotiva, evita reincidências do problema e minimiza os impactos financeiros e produtivos associados às não conformidades, contribuindo para a melhoria contínua dos processos e da satisfação do cliente final. Para isso, foram aplicadas ferramentas da qualidade como Brainstorming, Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês visando compreender o problema de forma estruturada e propor uma correção eficaz, em parceria com as equipes de Engenharia de Produto e de Processos.

O objetivo principal foi desenvolver uma proposta de correção para a falha detectada em uma vedação de porta automotiva, a partir de uma análise sistemática do processo de moldagem por injeção. Os objetivos específicos compreenderam:

- a) descrever o processo de moldagem por injeção e identificar suas etapas críticas;
- b) apresentar os componentes e características do molde;
- c) aplicar ferramentas da qualidade na investigação de falhas;
- d) identificar e analisar a causa raiz do defeito;
- e) propor uma solução definitiva para o problema identificado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Moldagem por Injeção

O processo de moldagem por injeção é amplamente empregado na fabricação de componentes automotivos devido à sua capacidade de produzir peças com alta precisão dimensional, repetibilidade e complexidade geométrica. A técnica consiste na introdução de um material, geralmente termoplástico ou elastomérico, em um molde metálico sob alta pressão, onde ocorre a conformação e o resfriamento da peça (CONRAD, 2023).

As principais etapas desse processo incluem o fechamento do molde, injeção do material, resfriamento, abertura do molde e extração da peça. Cada fase é controlada por parâmetros como temperatura, pressão e tempo de injeção, que influenciam diretamente na qualidade do produto final (BENNET, 2024).

Na indústria automotiva, a moldagem por injeção é aplicada especialmente na produção de vedações, que exigem tolerâncias rigorosas e propriedades elásticas específicas. Pequenas variações no processo, como falhas no controle de temperatura ou

na regulagem do molde, podem gerar defeitos como bolhas, rebarbas e falhas de preenchimento, impactando a funcionalidade e a estanqueidade das peças.

A força de fechamento é outro fator determinante, pois garante a vedação adequada entre as metades do molde, evitando o vazamento de material e o surgimento de rebarbas. Portanto, o controle rigoroso de parâmetros de injeção é essencial para assegurar a qualidade e a confiabilidade do produto final (CTBORRACHA, 2025).

2.2 Moldes

Os moldes utilizados na injeção são projetados para suportar pressões elevadas e permitir o fluxo uniforme do material fundido. São geralmente fabricados em aço endurecido ou alumínio, e sua escolha depende da complexidade da peça e do volume de produção.

Conforme SEBRAE (2020), um molde típico é composto por cavidades, canais de alimentação, sistema de refrigeração e mecanismos de extração. A precisão dimensional e o acabamento superficial dessas cavidades são fundamentais para garantir a qualidade das vedações produzidas.

Os moldes podem ser classificados em simples (uma cavidade) e múltiplos (duas ou mais cavidades). O uso de moldes múltiplos aumenta a produtividade, mas também eleva o custo de fabricação e manutenção. Na moldagem de vedações automotivas, o desgaste de moldes é um problema recorrente, exigindo inspeções e manutenções periódicas para evitar falhas na vedação e defeitos no produto final (CONRAD, 2023).

Além disso, o projeto de canais de alimentação e o dimensionamento do sistema de refrigeração influenciam a estabilidade térmica e o tempo de ciclo, impactando diretamente a eficiência produtiva.

2.3 Material Elastomérico (TPV)

O termoplástico vulcanizado (TPV) é o material mais utilizado em vedações automotivas, pois combina propriedades típicas de borrachas e termoplásticos. Trata-se de uma mistura dinâmica de elastômeros e termoplásticos, geralmente EPDM e polipropileno, que resulta em excelente resistência ao envelhecimento, à deformação e à variação térmica (CTBORRACHA, 2025).

As propriedades do TPV incluem alta resiliência, baixa densidade e boa processabilidade, o que o torna ideal para componentes sujeitos a compressão e flexão contínuas. Durante a moldagem, sua curva de viscosidade apresenta comportamento não newtoniano, ou seja, a viscosidade diminui com o aumento da taxa de cisalhamento, favorecendo o preenchimento das cavidades do molde (BENNET, 2024).

O controle adequado da temperatura e da pressão durante o processo é fundamental para manter as características físico-químicas do material. Variações excessivas podem causar degradação térmica e perda de elasticidade, comprometendo a funcionalidade da vedação.

2.4 Ferramentas da Qualidade

De acordo com Miguel (2006), as Ferramentas da Qualidade constituem importantes instrumentos metodológicos que são amplamente utilizados nas organizações como suporte tanto ao desenvolvimento de programas de melhoria contínua quanto no auxílio à tomada de decisões gerenciais relacionadas à análise e solução de problemas operacionais. Tais ferramentas proporcionam uma abordagem estruturada e orientada por dados, permitindo uma melhor visualização, compreensão e controle dos processos.

2.4.1 Brainstorming

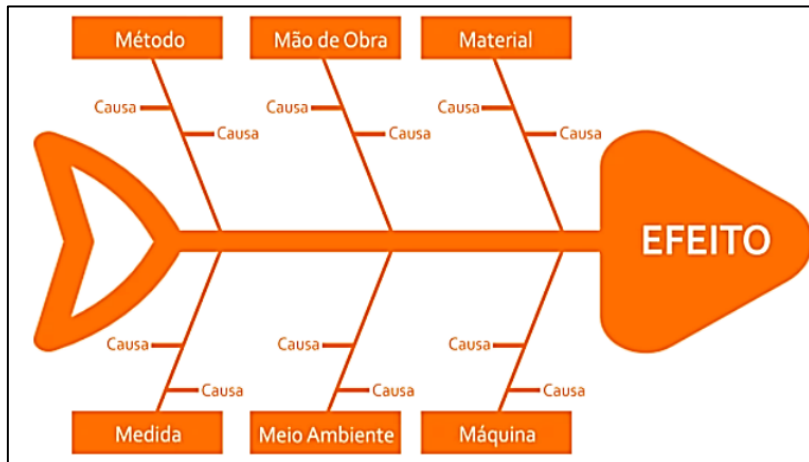
De acordo com SEBRAE (2020), o brainstorming também chamado de “tempestade de ideias” na tradução do inglês, é uma técnica voltada à estimulação da criatividade e ao desenvolvimento coletivo de soluções. Segundo Campos (2022), o objetivo é permitir a livre expressão de ideias sem julgamentos, estimulando a diversidade de soluções e facilitando a etapa de diagnóstico.

2.4.2 Diagrama de Ishikawa

De acordo com Silva (2017, apud Souza, Pereira, 2023), o Diagrama de Ishikawa (DI) é composto por uma série de causas (processo) e efeitos (produto, resultado ou problema), divididos em seis categorias, sendo elas método, mão de obra, material, medida, meio ambiente e máquina as quais indicam as áreas onde possíveis problemas podem surgir no processo.

Na figura 1, apresenta-se uma representação gráfica de como o diagrama é estruturado

Figura 1: Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Silva, (2017, apud Souza, Pereira, 2023).

2.4.3 Método dos 5 Porquês

O método dos 5 Porquês é uma técnica originada no Sistema Toyota de Produção que visa identificar a verdadeira causa de um problema, indo além dos sintomas aparentes. A abordagem consiste em questionar “por quê?” repetidamente até encontrar a raiz da falha. Destaca que essa metodologia é essencial na Análise de Causa Raiz, pois ajuda a separar causa e efeito por meio de questionamentos sucessivos, permitindo construir hipóteses plausíveis (Ohno, 1997, apud Aguiar, 2014).

O procedimento começa formulando uma pergunta baseada diretamente no problema identificado. A resposta obtida serve como base para o segundo “por quê?”, e o processo continua até que se chegue a uma causa que não necessita de novos questionamentos (Terner, 2008, apud Aguiar, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de um estudo de caso em uma empresa fabricante de vedações automotivas, com foco na análise de uma vedação de porta que apresentava falhas de infiltração. O objetivo foi identificar a causa raiz do defeito e propor uma solução definitiva. Para isso, foram aplicadas ferramentas da

qualidade de forma estruturada e sequencial, permitindo levantar hipóteses, aprofundar a investigação e validar as conclusões.

Antes da aplicação das ferramentas, foi essencial compreender o processo de moldagem por injeção, especialmente as etapas de posicionamento e extração dos insertos metálicos, fundamentais para a qualidade da vedação.

3.1 Processo de Moldagem

O processo inicia-se com o posicionamento manual dos insertos no molde, garantindo seu alinhamento e estabilidade durante a injeção do composto de borracha. Qualquer desalinhamento nessa etapa pode gerar defeitos dimensionais ou rebarbas na peça final. O operador realiza essa operação com o auxílio de ferramentas manuais, como martelos e pinos-guia, assegurando o travamento firme e o correto encaixe antes do ciclo de injeção. Na Figura 8, é apresentado o procedimento de posicionamento do inserto no molde

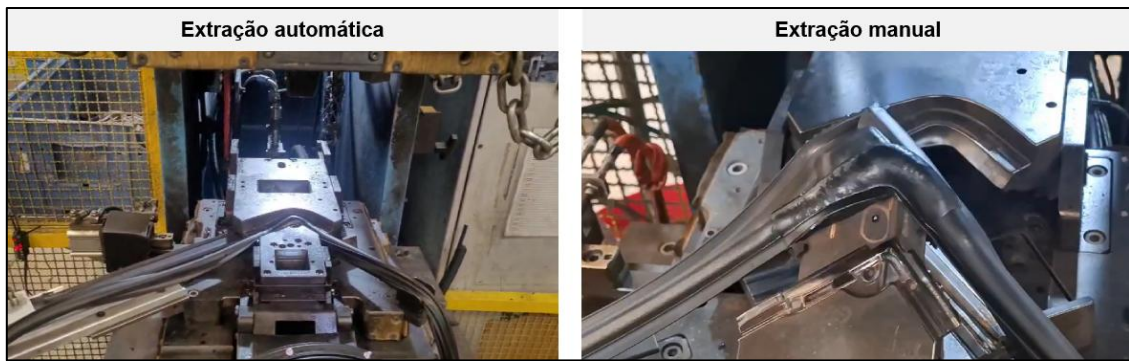
Figura 8: Posicionamento manual do inserto no molde.



Fonte: O autor (2025).

Após a injeção e vulcanização, ocorre a extração da peça moldada, iniciada automaticamente pela máquina com o acionamento dos pinos extratores, sendo finalizada manualmente pelo operador. Na Figura 9, observa-se o processo de extração da peça moldada.

Figura 9: Extração automática e remoção manual da peça moldada.



Fonte: O autor (2025).

Entretanto, verificou-se que, devido ao conceito construtivo do ferramental, podem ocorrer rupturas nos pontos de fixação do inserto durante a extração, gerando micro desalinhamentos e rebarbas. A compreensão desse mecanismo foi essencial para direcionar as análises posteriores.

3.2 Aplicação das Ferramentas da Qualidade

3.2.1 Brainstorming

Foram realizadas sessões de Brainstorming com operadores, técnicos, supervisores e engenheiros, a fim de levantar hipóteses para a origem da falha. As principais causas sugeridas foram:

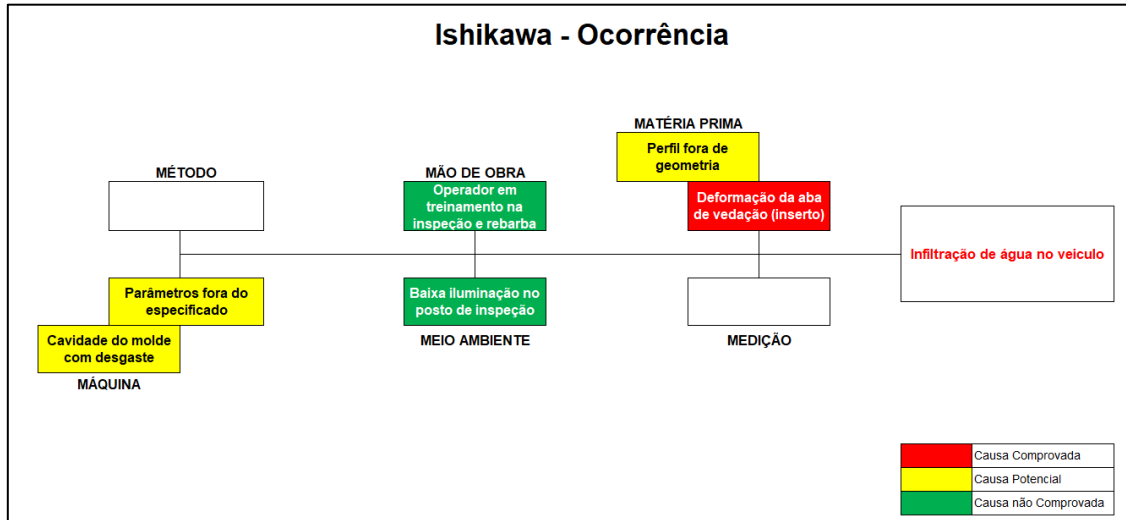
1. Geometria irregular do perfil (header – parte superior);
2. Cavidade do molde com desgaste;
3. Parâmetros fora do especificado;
4. Deformação da aba de vedação (inserto).

3.2.2 Diagrama de Ishikawa

Com base nas ideias levantadas, elaborou-se um Diagrama de Ishikawa, organizando as possíveis causas em seis categorias: método, máquina, matéria-prima, mão de obra, meio ambiente e medição.

A figura 2 abaixo mostra o diagrama de Ishikawa elaborado com base nas hipóteses levantadas.

Figura 2: Diagrama de Ishikawa.



Fonte: O autor (2025).

As causas foram classificadas como potenciais (em amarelo), comprovadas (em vermelho) e não comprovadas (em verde).

Foram analisadas as seguintes causas:

1. Geometria irregular do perfil;
2. Cavidade do molde com desgaste;
3. Parâmetros fora do especificado;
4. Deformação da aba de vedação;
5. Operador sem treinamento;
6. Baixa iluminação no posto de inspeção.

3.2.2.1 Análise Detalhada das Causas

3.2.2.1.1 Causas Potenciais

As causas potenciais foram avaliadas por meio de inspeções em processo, medições dimensionais e análise dos registros de parâmetros de moldagem. O objetivo foi verificar se havia correlação real entre essas causas e a falha de infiltração.

1. Geometria do perfil: foi avaliada em projetor óptico, comparando-se o contorno da peça ao mylar técnico. As medidas estavam dentro das tolerâncias, descartando essa hipótese.
2. Cavidade do molde: inspeções visuais e dimensionais mostraram ausência de desgaste significativo, eliminando essa possibilidade.
3. Parâmetros de processo: análises de registros históricos de pressão, temperatura e tempo mostraram conformidade com o plano de controle, indicando que o defeito não se devia a variação de parâmetros.

3.2.2.1.2 Causa Comprovada

Durante a análise das peças moldadas, identificou-se que a deformação na aba de vedação ocorria devido ao conceito do ferramental. No momento da extração, podia haver ruptura parcial dos pontos de fixação do inserto, localizados internamente na região moldada e sem controle direto no processo. Essa ruptura gera uma deformação localizada na área da extensão do inserto, ocasionando a formação de uma rebarba interna que provoca um desalinhamento no fechamento da vedação com a estrutura da porta, impedindo o contato completo entre as superfícies. Como consequência, a peça não veda adequadamente, permitindo a infiltração de água durante os testes de estanqueidade.

Na Figura 3, é possível observar a peça moldada com a deformação.

Figura 3: Peça com deformação na extensão do inserto após moldagem.



Com base nessas constatações, concluiu-se que a deformação da aba de vedação, constituía a causa raiz da infiltração. A partir desse diagnóstico, foram iniciados os estudos buscando eliminar a origem do defeito de forma definitiva.

3.2.2.1.3 Causas Não Comprovadas

As causas classificadas como não comprovadas foram analisadas, porém não apresentaram relação direta com o defeito estudado.

1. Operador sem treinamento: registros e entrevistas comprovaram que todos possuíam capacitação específica, descartando influência humana.
2. Baixa iluminação: medições com luxímetro demonstraram conformidade com a norma interna, e a rebarba era perceptível visualmente e ao toque, eliminando essa hipótese.

3.2.3 Método dos 5 Porquês

Com base nas análises anteriores, aplicou-se o Método dos 5 Porquês para aprofundar a compreensão da falha. O raciocínio foi desenvolvido conjuntamente pelas áreas de Engenharia de Produto, Processos, Qualidade e Ferramentaria.

No quadro 1, é apresentado o raciocínio utilizado durante a aplicação do método.

Quadro 1: Aplicação do 5 por quês da causa raiz.

Etapa	Pergunta	Resposta
1º Por quê?	Por que ocorreu infiltração na guarnição de porta?	Porque a aba de vedação apresentava deformação na extensão causando rebarba, impedindo o contato completo com a estrutura da porta.
2º Por quê?	Por que ocorreu a deformação e a rebarba na aba de vedação?	Porque houve ruptura parcial dos pontos de fixação do inserto durante a extração da peça.

3º Por quê?	Por que houve ruptura dos pontos de fixação do inserto durante a extração?	Porque o conceito do ferramental não previa controle adequado dessa ruptura na região moldada.
4º Por quê?	Por que o conceito do ferramental foi desenvolvido sem controle da ruptura?	Porque na fase de projeto não foi avaliado o comportamento dinâmico do inserto durante o ciclo de extração.
5º Por quê?	-	-

Fonte: O autor (2025).

Com o diagnóstico definido, foi possível elaborar uma proposta de correção definitiva, apresentada no próximo capítulo, visando modificar o inserto e eliminar de forma permanente o defeito identificado.

3.3 Desenvolvimento da Proposta de Melhoria (Correção da Causa-Raiz)

Com base nas evidências levantadas por meio do Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e das análises subsequentes, foi iniciado o desenvolvimento de uma proposta técnica para eliminar de forma definitiva a falha de infiltração identificada na guarnição automotiva. O trabalho foi conduzido de forma conjunta entre as áreas de Engenharia de Produto, Engenharia de Processos, Ferramentaria e Engenharia da Qualidade, garantindo uma abordagem técnica integrada.

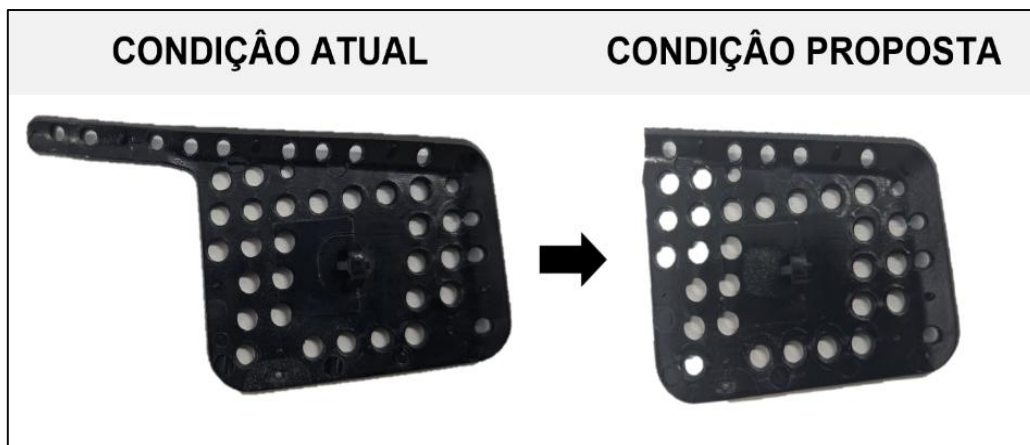
A partir do Diagrama de Ishikawa e da coleta de evidências em produção, as causas classificadas como comprovadas e potenciais foram analisadas prioritariamente. Entre as causas comprovadas, destacou-se a deformação aparente do inserto próxima à aba de vedação, responsável pela formação de rebarba e pelo consequente comprometimento da estanqueidade da peça. Após discussão entre as equipes envolvidas e testes preliminares, foi identificada como solução mais promissora a remoção da extensão do inserto, apontada como origem direta do defeito.

3.3.1 Proposta principal – Remoção da extensão do inserto

A solução proposta consistiu na remoção da extensão do inserto, preservando suas demais funcionalidades sendo fixação, suporte ao perfil e resistência mecânica. O desenho do inserto e a especificação do ferramental foram ajustados para assegurar o correto fechamento do molde e evitando ondulações durante a acomodação da peça. Foram também atualizados o desenho do molde e as instruções de montagem, incluindo nota técnica com a justificativa da alteração (“inserto sem extensão para eliminar falha de deformação com rebarba na aba de vedação”) e o controle visual e dimensional da área modificada. O novo modelo manteve todas as funções estruturais originais, eliminando a causa da deformação sem comprometer o desempenho funcional da vedação.

Na figura 4, mostra-se a proposta do novo modelo que elimina a extensão que causava deformação, mantendo as funções originais de fixação e resistência.

Figura 4: Proposta de modificação no inserto.



Fonte: O autor (2025).

3.3.2 Análise econômica e impacto financeiro da melhoria

Além dos ganhos técnicos e de qualidade obtidos com a modificação do inserto, a proposta gerou impactos econômicos expressivos, tanto pela eliminação de custos decorrentes de falhas quanto pela redução de desperdícios no processo produtivo.

O evento inicial ocasionou parada de linha de 6 minutos, representando prejuízo de R\$ 120.000,00 (considerando R\$ 20.000,00 por minuto). Durante a inspeção, foram identificadas 16 peças defeituosas e o bloqueio de um lote de 3.500 peças, demandando retrabalho, inspeções extraordinárias e substituições em campo.

A ocorrência gerou ainda multa contratual de R\$ 2.850,00, além de custos adicionais de R\$ 15.750,00 com inspeção e retrabalho, totalizando um impacto superior a R\$ 140.000,00. Considerando também perdas de produtividade, consumo extra de material, custos logísticos e desgaste da imagem perante o cliente, a necessidade de uma ação corretiva definitiva tornou-se evidente.

3.3.3 Justificativa técnica e validação experimental

Nos testes iniciais realizados para validação da proposta de melhoria, foi efetuada a remoção manual da extensão do inserto original, região onde ocorre a deformação e consequente formação de rebarba na aba de vedação. Com o inserto modificado, foram moldadas amostras piloto, posteriormente instaladas em um veículo da frota interna para avaliação sob condições reais de montagem e operação.

Figura 19: Peça modificada sem extensão do inserto.



Fonte: O autor (2025).

Durante a inspeção, observou-se eliminação completa da rebarba, melhoria no acabamento superficial e encaixe mais preciso na estrutura da porta. Em seguida, foi realizado um teste prático de estanqueidade, com aplicação de água sob pressão na área de vedação. Não foram detectados pontos de infiltração, comprovando a eficácia da modificação.

Figura 20: Peça com inserto modificado no veículo em teste de estanqueidade.



Fonte: O autor (2025).

Os resultados confirmaram que a remoção da extensão do inserto eliminou a causa direta do defeito, restabelecendo a estanqueidade e a aparência visual do conjunto, sem comprometer a funcionalidade da guarnição. A solução demonstrou ser simples, de baixo custo e reproduzível, podendo ser aplicada em outros projetos e moldes com características semelhantes.

3.3.4 Economia e benefícios com a implementação

Com a eliminação definitiva da falha, o processo de moldagem passou a operar de forma mais estável, previsível e econômica. Os principais benefícios observados foram:

1. Redução do volume de material injetado e do consumo energético durante a vulcanização;
2. Maior estabilidade dimensional e produtividade no processo;
3. Eliminação total de refugos e retrabalhos relacionados ao inserto;
4. Simplificação da usinagem, com menor tempo de fabricação e desgaste de ferramentas;
5. Prevenção de novas reclamações, multas e bloqueios de lote;
6. Melhoria da imagem e confiabilidade junto à montadora.

Com base em dados históricos, estima-se que a melhoria proporcione uma economia anual superior a R\$ 25.000,00, apenas pela redução de retrabalhos e inspeções. Considerando os impactos evitados (multas e paradas de linha), o potencial de economia total pode ultrapassar R\$ 150.000,00 por evento prevenido.

A proposta mostrou-se tecnicamente viável e financeiramente vantajosa, eliminando a causa raiz do defeito e promovendo uma melhoria definitiva, mensurável e sustentável no processo produtivo e na qualidade das vedações automotivas.

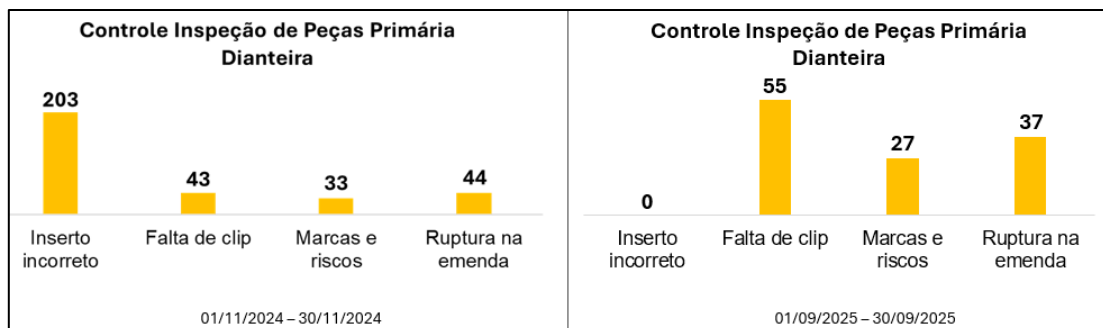
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos comprovaram a efetividade da proposta de melhoria após a modificação do inserto. No período de 01/11/2024 a 30/11/2024, o controle de inspeção registrou 203 peças rejeitadas com o defeito “Inserto incorreto”, diretamente associado à deformação da aba de vedação provocada pela extensão do inserto original.

Após a implementação da modificação, entre 01/09/2025 e 30/09/2025, não foram registradas novas ocorrências desse tipo de falha, evidenciando a eliminação completa do defeito. As demais não conformidades (como falta de clip, marcas e riscos ou ruptura na emenda) mantiveram comportamento estável, confirmando que a intervenção solucionou a causa raiz sem gerar efeitos colaterais em outras etapas do processo produtivo.

A Figura 5 apresenta o comparativo entre os registros de inspeção antes e depois da melhoria

Figura 5: Comparativo de defeitos relacionados ao inserto antes e depois da modificação.



Fonte: O autor (2025).

Além dos resultados técnicos, a modificação trouxe benefícios diretos à produção e aos custos operacionais. Antes da melhoria, as peças com defeito eram

frequentemente destinadas ao scrap (refugo), gerando custos adicionais com descarte, reciclagem e consumo de material e energia. Quando o retrabalho era possível, havia consumo de tempo produtivo e de insumos, afetando a eficiência da linha e os prazos de entrega.

Com a eliminação definitiva da falha, esses desperdícios foram suprimidos, resultando em redução do volume de refugos e retrabalhos, aumento do rendimento produtivo e liberação de recursos humanos para atividades de maior valor agregado.

Outro aspecto relevante foi a redução do risco de envio de peças defeituosas ao cliente, evitando multas, bloqueios de lote e paradas de linha, além de fortalecer a imagem da empresa como fornecedora confiável. Observou-se também melhoria perceptível no aspecto visual das peças, com superfícies mais uniformes, sem rebarbas e com encaixe mais preciso na estrutura da porta.

Esses resultados confirmam que a remoção da extensão do inserto é uma solução técnica simples, de baixo custo e altamente eficaz, proporcionando ganhos em qualidade, produtividade, economia de recursos e confiabilidade do produto final.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar e solucionar a falha de infiltração de água identificada em uma vedação de porta automotiva. A investigação foi conduzida com base em metodologias estruturadas de análise da qualidade, utilizando as ferramentas Brainstorming, Diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês, que permitiram identificar a verdadeira causa raiz do problema.

As análises realizadas demonstraram que a falha estava diretamente relacionada à deformação gerada na extensão do inserto na região da aba de vedação, responsável pela formação de rebarba e consequente perda de estanqueidade. As demais hipóteses levantadas como desgaste de cavidade, variação de parâmetros de injeção, iluminação inadequada e falha operacional foram descartadas por meio de medições, inspeções e avaliações em campo.

Com a aplicação da proposta de correção, baseada na remoção da extensão do inserto, verificou-se a eliminação completa da rebarba, resultando na restauração da estanqueidade da guarnição. Os testes realizados, tanto em bancada quanto em veículo, comprovaram a eficácia da solução, que se mostrou tecnicamente simples, economicamente viável e facilmente aplicável em outros projetos com o mesmo

ferramental. Além da eliminação do defeito, a implementação da melhoria trouxe benefícios adicionais, como a redução do índice de refugo e retrabalho, o aumento da confiabilidade do processo e o fortalecimento da relação com o cliente, que pôde retomar a produção normal sem reincidências do problema.

Conclui-se, portanto, que o estudo atingiu plenamente seus objetivos, apresentando uma solução prática e validada para o problema de infiltração. O método aplicado reforça a importância da utilização de ferramentas da qualidade na indústria automotiva, evidenciando sua eficiência na detecção e eliminação de causas raiz.

ABSTRACT

This study presents a case analysis carried out in an automotive sealing manufacturing company, focusing on the investigation and correction of a water leakage failure in an automotive door seal. The defect caused significant impacts such as rework, batch blockage, and increased production costs. To identify the root cause and propose a definitive solution, quality tools were applied, including Brainstorming, Ishikawa Diagram, and the 5 Whys Method. The analyses revealed that the failure was related to deformation of the sealing lip caused by a protruding mold insert, which generated burrs and compromised the sealing performance. As a corrective proposal, the insert design was modified by removing the extension responsible for the cavity misalignment. The solution was validated through leak tests and visual inspection, confirming the elimination of the defect while maintaining the part's functionality. This study highlights the importance of systematically applying quality tools to accurately identify root causes and develop effective technical solutions in injection molding processes.

Keywords: *Injection molding; Automotive seals; Water leakage; Insert; Quality tools.*

Agradecimentos

Dedico este trabalho a todos que acreditaram no meu potencial e me inspiraram a seguir em frente em especial meus pais, minha irmã, familiares e minha namorada que tornaram possível cada passo desta jornada, agradeço também a Deus pela sabedoria e nunca me deixar desistir na construção deste trabalho.

REFERÊNCIAS

3D SYSTEMS. Fundamentos da moldagem por injeção. 3D Systems, 2023. Disponível em: <https://br.3dsystems.com/quickparts/learning-center/injection-molding-basics>.

Acesso em: 26 maio 2025.

AGUIAR, Milena Cabral. Análise de causa raiz: levantamento dos métodos e exemplificação. 2014. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/23437/23437.PDF>. Acesso em: 14 maio 2025.

ARRUDA CONSULTORIA. Técnica 5 porquês – baixe o material. Disponível em: http://www.arrudaconsult.com.br/2020/04/tecnica-5-porques-baixe_5.html. Acesso em: 15 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. Disponível em: https://ceartransparente.ce.gov.br/attachments/6655554e059b404fbb282b4ebbe9e5403fdf012b/store/6642a0e65d7966201d69538b2b89c015bbdc3d1da07609cba71a400ff924/nbriso_cie8995-1.pdf. Acesso em: 13 outubro 2025.

BENNET, Lucas. Quais são os componentes de um molde de injeção? Todos os detalhes. RapidDirect, 9 out. 2024. Disponível em: <https://www.rapiddirect.com/pt/blog/components-of-an-injection-mold/>. Acesso em: 18 agosto. 2025.

CONRAD, Robin. O que é moldagem por injeção? Kuraray, 2023. Disponível em: <https://www.elastomer.kuraray.com/pt/blog/injection-molding/>. Acesso em: 10 abril. 2024.

CT BORRACHA. Moldagem por injeção de borracha. Ciência e Tecnologia da Borracha, 2023. Disponível em:

<https://www.ctborracha.com/processos/vulcanizacao/prensa-de-injeccao/>. Acesso em: 08 abril. 2025.

DIAS, Bruno Lemos. A aplicação das ferramentas de gestão da qualidade como fator de incremento da eficiência na execução de obras de engenharia. 2019. 114 f. Dissertação (Curso de Aperfeiçoamento) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Departamento de Educação e Cultura do Exército, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/4330>. Acesso em: 13 maio 2025.

FREITAS, Mayara Lopes de et al. Ferramenta da qualidade: análise dos 5 porquês como método de investigação de problemas. *Revista Gestão Industrial*, v. 17, n. 4, p. 129–146, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/download/37228/24862>. Acesso em: 14 maio 2025.

LWB STEINL GMBH & CO. KG. Site institucional. Disponível em: <https://www.lwb-steinl.com/>. Acesso em: 09 abr. 2025.

MATA-LIMA, H. Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade e Ambiente na Resolução de Problemas. Apontamentos da Disciplina de Sustentabilidade e Impactes Ambientais. Portugal: Universidade da Madeira, 2007. Acesso em: 15 maio 2025.

MIGUEL, P. A. C. Qualidade: enfoques e ferramentas. São Paulo: Artliber, 2006. Acesso em: 14 maio 2025.

RAPID DIRECT. O que é moldagem por injeção? Rapid Direct, 2023. Disponível em: <https://www.rapiddirect.com/pt/blog/what-is-injection-molding/>. Acesso em: 26 maio 2025.

SANTA BIBLIOTECONOMIA. Ferramentas da qualidade. Santa Biblioteconomia, 2023. Disponível em: <https://www.santabiblioteconomia.com.br/dicas/dicas-de-estudo/ferramentas-da-qualidade/>. Acesso em: 12 maio 2025.

SEBRAE. Geração de ideias com brainstorming. Brasília: Sebrae, 2020. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Arquivos/ebook_serae_geracao-de-ideias-com-brainstorming.pdf. Acesso em: 12 maio 2025.

SOARES, B. G.; OLIVEIRA, M. G.; PARANHOS, C. M. Materiais poliméricos para engenharia: tendências e desafios. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 1–6, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/Q3wb6xyyJtVckhq3M3LMfbx/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2025.

SOUZA, João Carlos de; PEREIRA, Maria Aparecida. Aplicação do Diagrama de Ishikawa no controle de impactos negativos nos processos administrativos. *Revista Científica Online*, v. 15, n. 1, p. 45–59, 2023. Disponível em: https://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/magazines/1/DIAGRAMA_DE_ISHIKAWA__a_importancia_da_ferramenta_na_identificacao_e_controle_dos_impactos_negativos_dos_processos_gerenciais_de_uma_organizacao.pdf. Acesso em: 12 maio 2025.

SPARROW. Moldagem por injeção de borracha. HiTop Industrial, 2024. Disponível em: <https://hitopindustrial.com/pt/moldagem-por-injecao-de-borracha/>. Acesso em: 23 abr. 2025.