

**FACULDADE DE TECNOLOGIA ASSESSORITEC
DEPARTAMENTO DE CURSOS SUPERIORES
TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE**

MIRLAINE DOS SANTOS

**COMO A APLICAÇÃO ESTRUTURADA DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE
PODE CONTRIBUIR PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIA DOS
PROBLEMAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PEÇAS EM ABS NATURAL
QUE GERAM NÃO CONFORMIDADES NA METALIZAÇÃO**

JOINVILLE

2025

MIRLAINE DOS SANTOS

**COMO A APLICAÇÃO ESTRUTURADA DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE
PODE CONTRIBUIR PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIA DOS
PROBLEMAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PEÇAS EM ABS NATURAL
QUE GERAM NÃO CONFORMIDADES NA METALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Cursos Superiores da Faculdade de Tecnologia Assessoritec como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão da Qualidade.

Orientador: Prof. Maura Maria Roth.

JOINVILLE

2025

MIRLAINE DOS SANTOS

**COMO A APLICAÇÃO ESTRUTURADA DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE
PODE CONTRIBUIR PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIA DOS
PROBLEMAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PEÇAS EM ABS NATURAL
QUE GERAM NÃO CONFORMIDADES NA METALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Cursos Superiores da Faculdade de Tecnologia Assessoritec como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão da Qualidade.

Joinville, 09 de dezembro de 2025.

Prof. Mariana Peixoto (Orientador)
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

Prof. Me. Leiliani Petri Marques
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

Prof. Me. Katiana da Silva Estevam
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

RESUMO

Este estudo visa apresentar as melhorias e facilidades alcançadas com a implementação do Diagrama de Ishikawa e do método 5W2H no Setor de Qualidade de uma empresa fabricante de artefatos injetados em material plástico ABS na cidade de Joinville. A empresa fabricante encaminha seus produtos para um processo de metalização em um fornecedor localizado em Caxias do Sul. Frequentemente, este fornecedor reporta defeitos e dificuldades na metalização dos produtos, atribuídos a problemas no processo de fabricação. Nosso propósito é auxiliar na resolução dessas não conformidades e na redução do alto índice de refugos gerados no fornecedor de peças metalizadas, os quais decorrem de falhas no processo de produção da empresa fabricante. A metodologia empregada baseia-se no trabalho colaborativo das equipes de Engenharia de Processo, Ferramentaria, Manutenção, Produção e Qualidade. Após uma sessão de brainstorming, utilizou-se o Diagrama de Ishikawa em conjunto com o método 5W2H para identificar e monitorar as possíveis causas dos problemas. A implementação dessas ferramentas resultou em maior clareza para todos os envolvidos, permitindo abordar e solucionar os pontos mais críticos por meio de ações corretivas e preventivas eficazes. Atualmente, o processo segue com monitoramento contínuo para assegurar a evolução das ações e a contínua redução das não conformidades.

Palavras-chave: Diagrama de Ishikawa, 5W2H, plástico ABS, metalização.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
PA	Padrão de Atividade
PC	Plano de Controle
FT	Ficha Técnica
NC	Não Conforme
FIFO	First-In, First-Out (Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair)
MCP	Monitoramento e Controle da Produção (sistema)
TPM	Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance)
MD	Molde
OS	Ordem de Serviço
DDQ	Diálogo Diário da Qualidade
FACI	Facilitador
OP	Operador

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo do Diagrama de Ishikawa	21
Figura 2. Plano de ação da Ferramenta 5W2H	22
Figura 3. Defeitos em ABS Natural - Tensionamento	23
Figura 4. Defeitos em ABS Natural - Sujidades	24
Figura 5. Defeitos em ABS Natural - Bolha, Rechupe	24
Figura 6. Defeitos em ABS Natural - Fio	25
Figura 7. Defeitos em ABS Natural - Defeitos Superficiais	26
Figura 8. Defeitos em ABS Natural - Desplacamento	27
Figura 9 . Planejamento - Método Ishikawa e 6Ms	29
Figura 10. Plano de Ação - Método 5W2H	30
Figura 11. Molde MD 0290 Corpo de Prova	34
Figura 12. Modelo de Material Instrutivo para Critério de Aceitação	35
Figura 13. Check List - Início de Produção	37
Figura 14. Check List - Controle de Produção	37
Figura 15. Quantidade de Refugo na Metalização ano de 2024	39
Figura 16. Quantidade de Refugo na Metalização ano de 2025	39
Figura 17. Porcentagem de Refugo na Metalização em junho de 2025	40
Figura 18. Porcentagem de Refugo na Metalização em outubro de 2025	40
Figura 19. Porcentagem de Refugo na Metalização 2º semestre de 2025	41

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	9
1.1. Objetivo Geral	9
1.2. Objetivo Específico	9
2. INTRODUÇÃO	10
3. REVISÃO DA LITERATURA	12
3.1. Processo de Injeção do Plástico	13
3.1.1. A Origem do Plástico	15
3.1.2. Polímeros.....	15
3.1.3. Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS).....	16
3.1.4. Processo de Injeção do ABS	17
3.1.5. Metalização em Polímeros.....	18
3.2. Ferramentas da Qualidade	18
3.2.1. Diagrama de Ishikawa	19
3.2.2. 5W2H.....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1. Defeitos Reportados no Fornecedor	21
4.1.1. Tensionamento	21
4.1.2. Sujidades	22
4.1.3. Bolhas, Rechupe.....	23
4.1.4. Fio.....	23
4.1.5. Rebarba, Incompleta, Riscos, Linha de Solda	24
4.1.6. Desplacamento	26
4.2. Situação atual	26
4.2.1. Proposta do Projeto	27
4.2.2. (P) Planejamento do Projeto.....	27
4.2.3. (D) Execução do Projeto.....	28
4.2.4. (C) Controle do Projeto	30
4.2.5. (A) Melhorias / Boas Práticas.....	31
4.3. Ações.....	31
4.3.1. Ações Implementadas em Máquinas	31
4.3.2. Ações Implementadas em Matéria Prima	33

4.3.3.	Ações Implementadas em Mão de Obra.....	33
4.3.4.	Ações Implementadas em Método.....	34
4.3.5.	Ações Implementadas em Medida.....	36
4.3.6.	Ações Implementadas em Meio Ambiente.....	36
5.	RESULTADOS.....	37
6.	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS.....	42

1. OBJETIVO

1.1. Objetivo Geral

- Aplicar ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa e o método 5W2H, através do ciclo PDCA, na análise de processos de inspeção e padronização, visando reduzir refugos e melhorar a estabilidade produtiva em uma linha de injeção plástica.

1.2. Objetivo Específico

- Identificar as principais não conformidades no processo de injeção plástica, por meio do acompanhamento de testes em moldes, matérias-primas e processos.
- Analisar as causas-raiz dos problemas utilizando ferramentas da qualidade (Ishikawa e 5W2H).
- Orientar a equipe de produção quanto ao registro adequado de refugos e ao cumprimento dos parâmetros de processo definidos.
- Propor melhorias nos processos de inspeção e padronização, buscando maior eficiência e redução de falhas.
- Capacitação da equipe envolvida na produção de ABS Natural (operadores de produção, ferramentaria, manutenção, qualidade)

2. INTRODUÇÃO

As indústrias atualmente operam em um ambiente altamente competitivo, com produtos similares e clientes cada vez mais exigentes por inovação e qualidade dos produtos que desejam adquirir. É imprescindível que as empresas avaliem e ajustem seus processos para alcançar os resultados desejados, empregando metodologias e ferramentas apropriadas, com foco contínuo na qualidade, buscando pela melhoria contínua de seus processos, bem como a redução de custos e desperdícios, aspectos vitais para a sobrevivência das organizações.

Os custos associados a falhas no processo de fabricação podem ser consideráveis para as organizações. Quando uma falha ocorre em qualquer fase da produção, um custo de retrabalho é incorporado às operações, resultando também em um impacto nos prazos das etapas subsequentes, ou seja, a falta da qualidade gera prejuízos financeiros diretos para a organização, uma vez que os produtos fabricados não atendem às especificações e não podem ser comercializados, exigindo retrabalho ou descarte.

Os custos gerados pelo refugo ou retrabalho de itens produzidos com defeito é uma realidade de muitas empresas, não importa a dimensão ou tipo de produção, sempre acaba prejudicando a fábrica de diferentes maneiras, já que o resultado é a redução na produtividade e prejuízo financeiro. No caso do retrabalho, o produto com defeito necessitará de recursos extras para ser entregue conforme as especificações, e o refugo, trata do material em que não existe a possibilidade de retrabalho, não sendo possível o reaproveitamento dos insumos utilizados para produção, como maquinário, energia, mão de obra, matéria-prima, entre outros (CUSTODIO, 2015; SILVA, PANSONATO, 2020).

CROSBY (1994) definiu qualidade em termos concisos, ao conceituá-la como “qualidade é conformidade com os requisitos”. Assim, se um produto satisfaz todos os requisitos para este produto de acordo com seu modelo-padrão, ele é um produto de qualidade. Se o produto for fabricado corretamente na primeira vez, então os desperdícios seriam eliminados e a qualidade não seria dispendiosa.

Para Crosby, os custos da não-conformidade podem ser divididos em custos das falhas internas que são aqueles percebidos antes do cliente e decorrentes de: retrabalho, da existência de refugos, serviços administrativos refeitos, do excesso de estoques, manutenção corretiva e de horas improdutivas, etc.

Juran e Gryna afirmam que os custos da qualidade são aqueles custos que não existiriam se o produto fosse fabricado de forma perfeita na primeira vez, estando associados com as falhas na produção que levam a retrabalho, desperdício e perda de produtividade.

Rossato et al. (2016) cita que para a conformidade é necessário o senso de autodisciplina com o desenvolvimento do hábito de observar e seguir normas, regras, procedimentos, atender especificações, sejam escritas ou informais. De acordo com o Fedozzi (2014), sempre que existir uma não conformidade em uma organização, é necessário realizar ações corretivas para extinguir as causas das não conformidades evitando a reincidência da mesma. Farooq et al. (2016) afirmam a necessidade de uma análise sistemática das interações entre os fatores de não-conformidades identificadas e o processo produtivo.

O desafio atrelado a não conformidades e ao refugo, geralmente é o de identificar a origem do problema, para poder solucioná-lo. Apesar de ser difícil eliminar totalmente o retrabalho e a produção de sucata no processo produtivo, através da melhoria no controle dos processos é possível reduzir os desperdícios e custos gerados. Assim, é crucial aplicar ferramentas de qualidade para identificar e solucionar eficazmente problemas de fabricação.

O propósito deste estudo é auxiliar na resolução de não conformidades e na redução do alto índice de refugos gerados no fornecedor de peças metalizadas, os quais decorrem de falhas no processo de produção da empresa fabricante. A fabricante em questão, é especializada na fabricação de artefatos de plástico ABS desde 1994 em Joinville e atende a uma vasta gama de clientes residenciais, comerciais e industriais, com um portfólio diversificado de produtos e modelos. A metodologia empregada para resolução do problema, baseia-se no trabalho colaborativo das equipes de Engenharia de Processo, Ferramentaria, Manutenção, Produção e Qualidade. Após uma sessão de brainstorming, utilizou-se o Diagrama de Ishikawa em conjunto com o método 5W2H para identificar e monitorar as possíveis causas dos problemas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura tem como objetivo apresentar os principais conceitos e estudos que fundamentam este trabalho. Para isso, são analisadas pesquisas anteriores que discutem a importância do tema, destacando aspectos relacionados à evolução tecnológica, aos processos industriais e à aplicação de métodos que visam otimizar a produção e a qualidade dos produtos. Além disso, busca-se compreender como as práticas de manufatura, especificamente a injeção plástica, têm contribuído para a eficiência operacional e para a personalização de produtos em diferentes setores da indústria.

Nesta seção, são apresentados a evolução dos conceitos, os principais processos de produção e as metodologias que influenciam a fabricação de componentes plásticos. Também se abordam estudos que demonstram a relevância do controle de variáveis como temperatura, pressão e tempo de resfriamento no processo de injeção, evidenciando a importância da tecnologia e da capacitação técnica para garantir produtos com qualidade e precisão. Essa fundamentação teórica permite contextualizar a injeção plástica dentro do cenário industrial contemporâneo e fornece subsídios para a análise crítica do processo de manufatura abordado neste trabalho.

A indústria de injeção plástica está em constante desenvolvimento desde meados do século 19, quando a primeira máquina injetora foi patenteada em 1872 pelo americano John Wesley Hyatt, a qual era composta apenas por um cilindro aquecido a vapor, um pistão operado hidraulicamente e um bico que descarregava o material plástico fundido no molde. Durante a injeção, uma prensa hidráulica vertical, posicionada próxima à máquina, mantinha o molde fechado (Mascarenhas, 2002 citado por Primo Industrial, 2025).

O processo se tornou mais estruturado e automatizado, originando através dele muitos componentes em materiais plásticos, os quais têm sido aplicados em diversas áreas, principalmente nos setores automobilístico, eletroeletrônico, aeronáutico, de embalagens, médico e de peças de alta qualidade (Blass, 1998 citado por Primo Industrial, 2025). Além do processo de injeção, alguns itens levam acabamentos como o processo de pintura, para melhor acabamento e qualidade estética. (Pedroso, 2018, P.9 citado por Primo Industrial, 2025)

3.1. Processo de Injeção do Plástico

Segundo a Omie Digital (2024), a manufatura é um sistema de produção manual, que transforma a matéria-prima em produtos para serem comercializados. Esse processo se refere a uma grande variedade de atividades realizadas por ações humanas, do artesanato até a mais alta tecnologia, sendo essa, a mais utilizada para produções em grande escala.

O processo manual pode ser feito com a utilização de máquinas, aplicando a divisão de trabalho, onde cada operário executa a sua função na fábrica, por meio de instrumentos individuais.

O plástico é um dos materiais mais utilizados na indústria manufatureira, estando sempre em desenvolvimento, buscando aderir novas técnicas na sua produção, trazendo excelência nas fabricações.

Um dos processos mais utilizados no cenário da manufatura atual é a injeção plástica, facilitando a produção de um mesmo produto em grandes quantidades, em um curto período de tempo.

A injeção plástica é um processo que disponibiliza ao cliente um atendimento personalizado, para que se entenda com exatidão a criação do seu produto, escolhendo os tamanhos e dimensões desejadas para a elaboração. (Primo Industrial, 2025, p. 1)

Para a Primo Industrial (2025), a função da injeção plástica baseia-se no conceito de moldagem. É o derretimento do polímero para esculpi-lo em um molde comum para todos os produtos, a peça retirada deste molde, através da técnica de extração correta, apresenta as dimensões e tamanhos desejados. Esse serviço passa por um processo complexo, dependendo de alguns fatores, como a temperatura, condições de resfriamento, pressão e velocidade ao injetar no material.

De acordo com a Primo Industrial (2025),

A indústria de injeção plástica está em constante desenvolvimento desde meados do século 19, quando a primeira máquina injetora foi patenteada em 1872 pelo americano John Wesley Hyatt, a qual era composta apenas por um cilindro aquecido a vapor, um pistão operado hidráulicamente e um bico que descarregava o material plástico fundido no molde. Durante a injeção, uma prensa hidráulica vertical, posicionada próxima à máquina, mantinha o molde fechado (MASCARENHAS, 2002). O processo se tornou mais estruturado e automatizado, originando através dele muitos componentes em materiais plásticos, os quais têm sido aplicados em diversas áreas, principalmente nos setores automobilístico, eletroeletrônico, aeronáutico, de embalagens, médico e de peças de alta qualidade (BLASS, 1998). Além do processo de injeção, alguns itens levam acabamentos como o processo de pintura, para melhor acabamento e qualidade estética (PEDROSO, 2018, P.9). (Primo Industrial, 2025, p.1)

Ainda segundo o autor, a injeção plástica é um processo fundamental na fabricação de produtos a partir de polímeros, que se baseia na moldagem do material. Durante esse processo, o plástico é derretido e moldado em formas específicas, utilizando um molde comum para a produção de diversas peças. Após a injeção, a peça é retirada do molde por meio de uma técnica de extração adequada, garantindo que as dimensões e tamanhos desejados sejam alcançados.

No entanto, a eficácia desse processo depende de uma série de fatores, como a temperatura, as condições de resfriamento, a pressão e a velocidade de injeção, que devem ser cuidadosamente controlados para evitar defeitos nas peças produzidas. (Primo Industrial, 2025, p.1)

Primo Industrial (2025) ressalta ainda que a origem do plástico remonta a pesquisas e experimentos químicos, sendo uma matéria-prima amplamente utilizada na fabricação de uma variedade de produtos. Ao contrário de recursos naturais, o plástico é derivado de resinas obtidas do petróleo, que são materiais poliméricos formados por longas cadeias de moléculas repetitivas.

O processo de produção do plástico começa com a nafta, uma substância extraída do refino do petróleo, que passa por um processo térmico chamado craqueamento, resultando em moléculas menores, como o eteno. Este, por sua vez, é utilizado em indústrias de segunda geração para a polimerização, originando diferentes tipos de resinas plásticas. Essas resinas são então transformadas em produtos do cotidiano, como embalagens, frascos, tubos e até aparelhos eletrônicos, demonstrando a versatilidade e a importância do plástico em nossa vida diária. (Primo Industrial, 2025, p.1)

O processo de injeção do plástico é, portanto, uma técnica fundamental na indústria manufatureira, permitindo a produção em massa de peças com alta precisão e eficiência. Através da moldagem, o plástico é aquecido até seu ponto de fusão e, em seguida, injetado em moldes que definem a forma final do produto.

Além disso, a flexibilidade do processo de injeção plástica possibilita a personalização dos produtos, atendendo às necessidades específicas dos clientes e ampliando as possibilidades de aplicação em diversos setores, desde a indústria automotiva até a eletrônica.

Entretanto, a eficácia do processo de injeção plástica depende de um controle rigoroso das variáveis envolvidas, como temperatura, pressão e tempo de

resfriamento. A manipulação adequada desses fatores é crucial para evitar defeitos nas peças, como bolhas de ar ou deformações.

Assim, a injeção plástica não é apenas uma técnica de produção, mas um sistema que requer conhecimento técnico e experiência para ser executado com sucesso. À medida que a tecnologia avança, novas inovações e melhorias são constantemente incorporadas ao processo, garantindo que a injeção plástica continue a ser uma solução viável e eficiente para a fabricação de produtos plásticos em larga escala.

3.1.1. A Origem do Plástico

O plástico é uma das matérias-primas mais utilizadas no mundo, servindo para a fabricação de inúmeros produtos. Sua origem não é de recurso natural, ela veio de pesquisas e experimentos químicos, até chegar nas resinas do petróleo, matéria-prima principal para a composição do plástico, que são materiais poliméricos, ou seja, longas cadeias de moléculas formadas por unidades repetitivas.

A nafta, substância extraída do refino do petróleo, é levada para as indústrias de 1° geração, onde passam por um processo térmico chamado craqueamento, onde são quebradas em moléculas menores dando origem ao eteno. O eteno é transportado para indústrias de 2° geração, permitindo a realização da polimerização, a partir disso surgem os diferentes tipos de resinas plásticas, elas que são levadas para indústrias de 3° geração, passando pelos transformadores que dão cor e forma aos plásticos.

Esses plásticos dão origem aos produtos que consumimos no dia a dia, como frascos de bebidas, embalagens de alimentos, sacos de lixo, produtos farmacêuticos, de limpeza, tanques de combustível para veículos automotivos, tubos, conexões de encanamento e até aparelhos.

3.1.2. Polímeros

Os polímeros comerciais em sua maioria, também conhecidos na América do Norte como resinas, são baseados no elemento carbono e são constituídos pela síntese de materiais brutos e simples, baseados em petróleo. São materiais iniciais, chamados de monômeros, e estes materiais simples de baixo peso molecular são aglomerados por um processo conhecido como polimerização para formar polímeros.

Este termo significa que o produto final é composto de muitas unidades idênticas repetidas. (Fuganti, 2009, P. 9). Os materiais poliméricos são classificados em dois grandes grupos: termoplásticos e termorrígidos (ou termofixos). Os termoplásticos atingem o estágio de amolecimento ao serem aquecidos, podendo ser moldados. Esta troca de estado não altera sua estrutura química, o que permite que uma vez resfriado, ele possa ser novamente aquecido e reaproveitado, enquanto que os termorrígidos têm sua estrutura química alterada ao ser moldado, não permitindo uma nova moldagem. (Harada 2004, p. 20). (Dallepiane, 2018, P.19)

3.1.3. Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS)

O ABS, ou Acrilonitrila Butadieno Estireno, é um copolímero formado pela combinação de três monômeros: acrilonitrila, butadieno e estireno. Este material é amplamente utilizado na indústria devido às suas propriedades únicas, que incluem resistência ao impacto, rigidez e facilidade de moldagem.

O plástico ABS é normalmente feito através de um processo chamado polimerização em emulsão. Isto envolve a combinação dos três monômeros – acrilonitrila, butadieno e estireno – na presença de agentes emulsificantes e iniciadores de polimerização. O resultado é uma massa de resina ABS que pode então ser resfriada e moldada em vários formatos. (Deng, 2024 citado por Proleantech, 2023)

Cada parte constituinte do plástico ABS fornece propriedades únicas à estrutura geral, contribuindo para sua excepcional versatilidade.

Para entender melhor a estrutura central do plástico ABS, é crucial examinar os monômeros individuais que formam esse material distinto.

- **Acrilonitrila:** A acrilonitrila é um líquido volátil e incolor que contribui com resistência química e térmica ao plástico ABS. É o acrilonitrilo em ABS que aumenta a dureza e rigidez do plástico, tornando-o um material altamente durável.
- **Butadieno:** O butadieno é um gás incolor que se transforma em um polímero emborrachado, agregando resiliência e resistência ao impacto à estrutura do ABS. A principal função do butadieno no plástico ABS é fornecer resistência, garantindo que o plástico permaneça durável mesmo sob estresse e em temperaturas mais baixas. Este atributo é particularmente valioso em aplicações como peças

automotivas, onde os materiais são frequentemente expostos a uma ampla gama de temperaturas.

- Estireno: O estireno é um monômero que forma um plástico duro e transparente quando polimerizado. A principal contribuição do estireno para o plástico ABS é seu acabamento brilhante, rigidez e facilidade de processamento. Ele aprimora a estética do produto final e desempenha um papel crucial em aplicações onde o apelo visual é importante. (Deng, 2024 citado por Proleantech, 2023).

O polímero de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) é utilizado em grande escala em produtos da indústria automotiva e doméstica, onde suas propriedades mecânicas podem ser melhoradas com a adição de cargas de enchimento como: carbonato de cálcio e talco. (Farshbaf; Behrouzi; Asiaban, 2011, p. 2016; See et al., 2016, p. 468).

Dentre as diversas aplicações do polímero pode-se destacar que o mesmo tem um comportamento atraente quando submetido a camadas decorativas com efeito metalizado. (Dallepiane, 2018, P.21).

O ABS também é muito utilizado quando se deseja peças com aspectos metálicos, pois sua estrutura química permite a metalização quando comparado com outros polímeros termoplásticos.

3.1.4. Processo de Injeção do ABS

Na injeção do ABS, o monitoramento das condições de processo como temperatura de fusão dos pellets de resina de ABS, velocidade de injeção, temperatura de injeção e outras, são de suma importância para obter peças uniformes (SANTINI, 2000).

Segundo Reig et al. (2008), os parâmetros de processo aplicados na injeção de peças em ABS, bem como as temperaturas utilizadas, atingem diretamente as propriedades do material. Por exemplo, aumentando o número de ciclos para o ABS de baixa densidade, ocorre a degradação térmica e oxidativa do polímero.

O processo de injeção do ABS é complexo e exige monitoramento. Máquinas injetoras antigas e moldes mal projetados ocasionam peças com defeitos apresentando manchas, peças incompletas, chuviscos, bolhas, entre outros defeitos. No caso de peças em ABS que serão tratadas superficialmente por cromagem, uma injeção mal-sucedida prejudica o acabamento e as peças podem apresentar riscos, bolhas, manchas e camada incompleta (KUREK, 2008). (RANZAN, 2018, p.26)

3.1.5. Metalização em Polímeros

Para metalizar uma peça de plástico, vários métodos comuns são usados como, metalização a vácuo, pulverização de arco e chama ou chapeamento. Porém, é importante mencionar que o processo de cromação é complexo e requer um controle preciso das condições para garantir um acabamento de alta qualidade e uma boa aderência do metal ao ABS. Os problemas comuns na metalização de componentes em ABS incluem a má aderência da camada metálica devido a contaminação da superfície do plástico ou tensionamento, desgaste prematuro do acabamento causado por exposição solar ou altas temperaturas da água, formação de manchas e chuveiros devido a defeitos no processo de injeção, manipulação e armazenamento do componente, entre outros.

Por se tratar de um processo robusto, injeção plástica e pintura, o aparecimento de um problema envolve um estudo mais aprofundado de diversas variáveis para conclusão de uma causa raiz, sem contar no custo da não qualidade por incertezas da causa. (Pedroso, 2018, P.9)

Dessa forma, a metalização em polímeros, especialmente no ABS, exige não apenas o domínio técnico dos métodos aplicados, mas também uma gestão eficiente de variáveis de processo, desde a injeção até o acabamento final. A atenção a esses fatores garante maior durabilidade, estética e funcionalidade ao produto, reduzindo custos com retrabalho e aumentando a competitividade no mercado.

3.2. Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade surgiram a partir 1950, com o principal objetivo de contribuir para a manutenção e melhoria dos processos, visando aprimoramento contínuo (MARSHALL JR et al.,2006 apud SOUZA E DEMÉTRIO, 2011). As ferramentas da qualidade possibilitam definir, mensurar, analisar e propor causas para problemas e ajudar no bom desempenho de processos (CARPINETTI, 2012; BRASSARD, 2004 apud VASCONCELOS et al.,2009).

3.2.1. Diagrama de Ishikawa

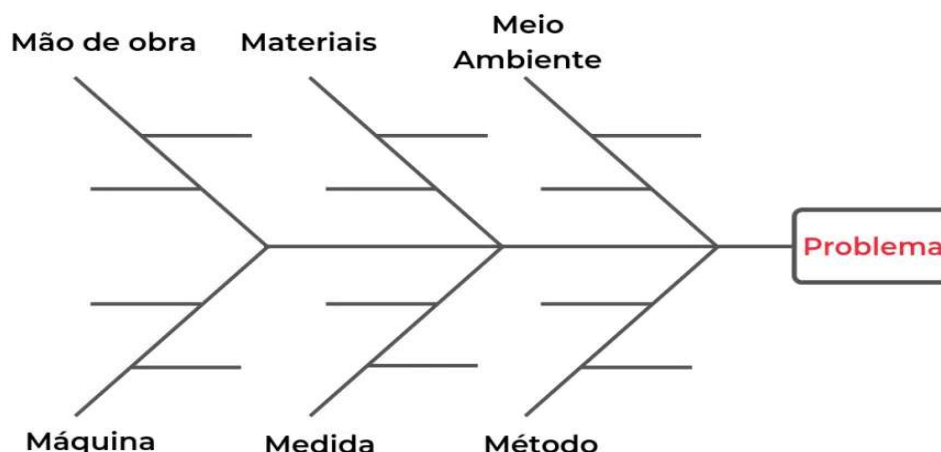
O Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, também pode ser chamado Diagrama 6M, visto que em sua estrutura, os problemas podem ser classificados em seis tipos diferentes: método; matéria-prima; mão de obra; máquina; meio ambiente e medida (ARAÚJO, 2010). É uma ferramenta de fácil entendimento muito utilizada em processos de qualidade. Kaoru Ishikawa foi o criador do diagrama em 1943 e o usava em ambientes industriais para averiguar a dispersão na capacidade qualitativa dos produtos e processos. Trata-se de uma ferramenta que possibilita o reconhecimento e observações das potenciais causas de variação do processo ou da ocorrência de um fenômeno, bem assim como da forma como essas causas interagem entre si (WILLIANS, 1995).

Segundo Miguel (2006), o Diagrama de Ishikawa consiste em uma ferramenta em uma forma gráfica usada como análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito). Também é denominado Diagrama de Ishikawa, devido ao seu criador, ou Diagrama Espinha de Peixe, devido à sua forma. Um Diagrama de causa-efeito pode ser elaborado segundo os seguintes passos:

- Determinar o problema a ser estudado (identificação do efeito).
- Relatar sobre as possíveis causas e registrá-las no diagrama.
- Construir um Diagrama agrupando as causas em “6M” (Mão de obra, Máquina, matéria-prima, Método e Meio-ambiente).
- Analisar o diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras.
- Correção do problema

De acordo com o blog eGestor (2025), para montar o Diagrama de Ishikawa é necessário definir alguns pontos. Normalmente a primeira fase começa com a escolha do problema a ser analisado. Após, pode ser realizado um brainstorm para cada M do 6M citado acima. Assim, se verifica quais as causas encontradas nesse processo que realmente são importantes e fazem o problema. A partir disso, é possível inserir as causas encontradas no brainstorm no diagrama.

Figura 1. Exemplo do Diagrama de Ishikawa



Fonte: <https://blog.egestor.com.br/diagrama-de-ishikawa/>

3.2.2. 5W2H

Para Mello et al (2016) a definição da ferramenta 5W2H é o plano de ação que objetiva executar um checklist para tornar preciso o resultado que se pretende alcançar realizando perguntas que permitirão, através das respostas, obter um planejamento geral para tomada de decisão quanto as ações que devem ser realizadas. Essa ferramenta é muito utilizada no mapeamento e padronização de processos e no estabelecimento de procedimentos associados a indicadores (MARSHALL JUNIOR et al, 2010).

Segundo o Blog Industrial Nomus, 5W2H é uma ferramenta de gestão em formato de checklist com perguntas importantes sobre o projeto que será desenvolvido ou o problema que será resolvido. A sigla se refere a cinco palavras que começam com W e duas com H em inglês, sendo elas: What, Why, Who, Where, When, Who, How much.

Figura 2. Plano de ação da Ferramenta 5W2H

<u>What</u> (O que)	<u>Why</u> (Por que)	Who (Quem)	Where (Onde)	When (Quando)	<u>How</u> (Como)	<u>How much</u> (Quanto custa)
O problema a ser resolvido	Motivos que levaram a executar tal ação para resolução do problema	A pessoa responsável que irá executar a ação	Geralmente são nos ambientes de trabalho como: empresa e setores	Período de tempo proposto pelo setor, ou por quem irá executar a ação	Através de métodos estabelecidos pelo aplicador	Custos relacionados a resolução do problema

Fonte: Autor (2025)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo visa apresentar e detalhar o cenário atual de uma empresa fabricante de artefatos injetados em material plástico ABS, localizada na cidade de Joinville, onde o presente trabalho foi implementado. Esta iniciativa surge em decorrência de um elevado índice de peças refugadas no processo de metalização em um fornecedor sediado em Caxias do Sul, que frequentemente reporta defeitos e dificuldades na metalização dos produtos, os quais são atribuídos a problemas no processo de fabricação. O propósito é auxiliar na resolução dessas não conformidades e na redução do alto índice de refugos gerados, utilizando ferramentas da qualidade como Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, PDCA e 5W2H, para identificar e solucionar possíveis problemas na fabricação, além de descrever as etapas de desenvolvimento que foram seguidas para solucionar os problemas identificados.

4.1. Defeitos Reportados no Fornecedor

Os problemas comuns reportados pelo fornecedor durante o processo de metalização das peças em ABS natural enviadas pelo fabricante, incluem a má aderência da camada metálica devido a contaminação da superfície do plástico ou tensionamento, formação de manchas e chuveiros, rechupe, bolhas, fio, óleo, poeira, devido a defeitos no processo de injeção, manipulação e armazenamento do componente, entre outros.

4.1.1. Tensionamento

Tensões internas ou um resfriamento irregular durante o processo de fabricação podem provocar deformações, empenamentos ou pequenas curvaturas nas peças. Essas distorções alteram a geometria original do componente e comprometem a uniformidade da superfície, o que dificulta a aderência e a distribuição homogênea da camada de metalização.

Quando a peça apresenta regiões tensionadas, a deposição metálica tende a se concentrar de forma desigual, criando falhas visuais, áreas opacas, microtrincas ou diferenças de espessura. Além disso, o empenamento pode prejudicar o encaixe da

peça nos dispositivos de fixação, influenciando diretamente na qualidade final do acabamento. Portanto, o controle adequado do tensionamento e das etapas de resfriamento é essencial para evitar defeitos e garantir um processo de metalização consistente.

Figura 3. Defeitos em ABS Natural - Tensionamento



Fonte. Autor (2025)

4.1.2. Sujidades

A presença de poeira e umidade, muitas vezes causadas por manuseio incorreto, contaminação do ambiente e contaminação da resina, compromete a fixação uniforme do metal.

Figura 4. Defeitos em ABS Natural – Sujidades



Fonte. Autor (2025)

4.1.3. Bolhas, Rechupe

Defeitos como manchas, estrias prateadas, bolhas de ar e rechupe podem ser acentuados após o processo de metalização.

Figura 5. Defeitos em ABS Natural - Bolha, Rechupe



Fonte. Autor (2025)

4.1.4. Fio

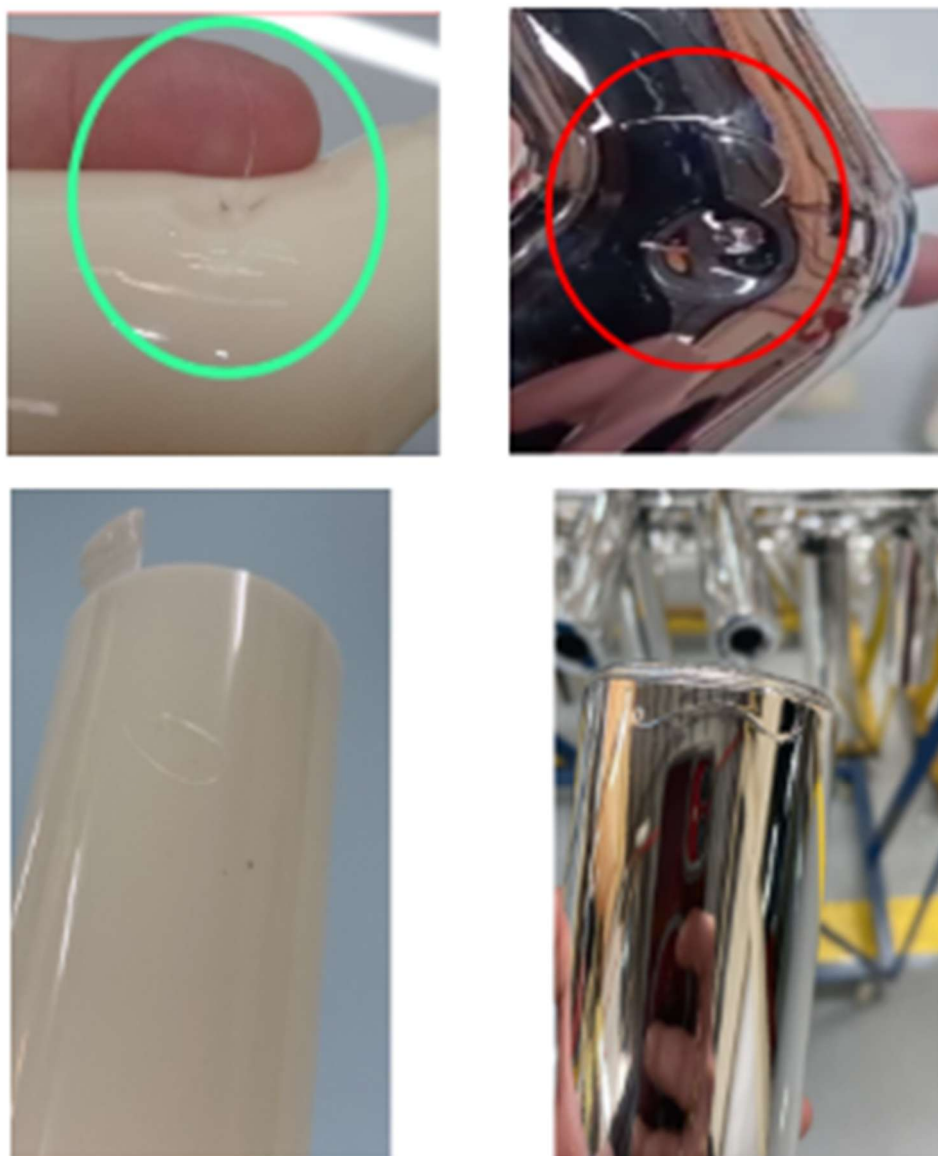
A formação de fio no ponto de injeção é uma ocorrência comum na moldagem de peças plásticas e pode ser atribuída a diversos fatores. Problemas como velocidade de injeção inadequada, temperatura do material ou do molde incorretas, e a presença de umidade no material são os principais causadores dessa anomalia.

Quando o processo de injeção não é otimizado, a materialização de fios finos se torna evidente, especialmente após a metalização, onde os defeitos na superfície se destacam ainda mais. Além disso, a formação de fio pode comprometer não apenas a estética da peça, mas também suas propriedades funcionais. A presença desses fios pode levar à formação de pontos fracos que, em situações de tensão, podem resultar em quebras ou falhas estruturais.

Portanto, é imprescindível que os parâmetros do processo de injeção sejam monitorados e ajustados de forma precisa, garantindo a qualidade do produto final e minimizando a ocorrência de defeitos. A inspeção de qualidade rigorosa após a

metalização também é essencial, pois permite identificar e corrigir esses problemas antes que as peças sejam utilizadas em aplicações finais.

Figura 6. Defeitos em ABS Natural - Fio



Fonte. Autor (2025)

4.1.5. Rebarba, Incompleta, Riscos, Linha de Solda

Os defeitos superficiais nas peças metálicas, incluindo rebarbas, manchas e texturas irregulares, podem ter um impacto significativo na adesão e qualidade do revestimento metálico final. Esses defeitos não apenas afetam a estética do produto, mas também comprometam sua integridade estrutural. Por exemplo, rebarbas podem

gerar tensões concentradas em pontos específicos da peça, levando a falhas prematuras.

Além disso, a presença de riscos na linha de solda pode causar problemas de corrosão, uma vez que as superfícies danificadas podem não ser suficientemente tratadas ou protegidas, permitindo a penetração de agentes corrosivos. Tal situação é exacerbada quando a peça é exposta a ambientes adversos.

Figura 7. Defeitos em ABS Natural - Defeitos Superficiais

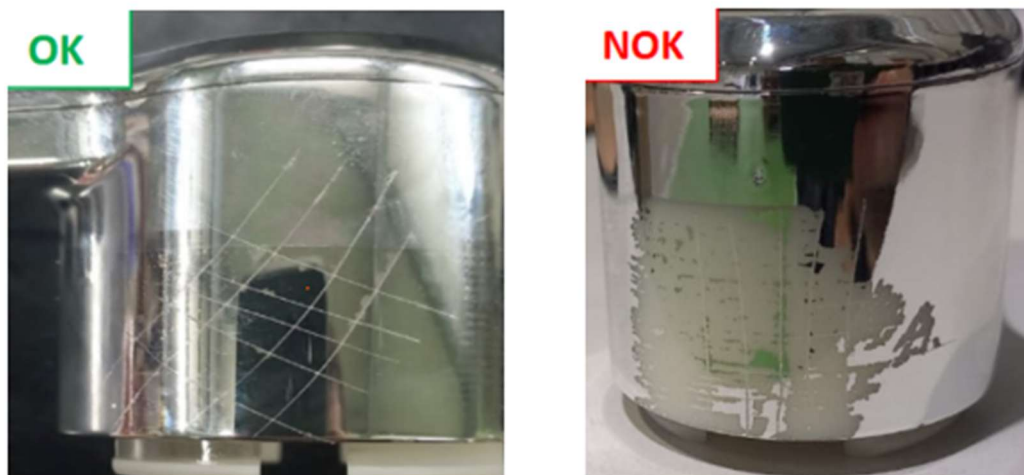


Fonte. Autor (2025)

4.1.6. Desplacamento

Superfície do plástico contaminada por óleos, poeira ou resíduos de desmoldantes dificultam a aderência do revestimento metálico, resultando em áreas opacas ou descascadas.

Figura 8. Defeitos em ABS Natural – Desplacamento



Fonte. Autor (2025)

4.2. Situação atual

A situação atual apresenta diversos desafios que afetam a produção das peças e diretamente o processo de metalização.

Após um Brainstorming entre Engenharia de Processo, Ferramentaria, Manutenção, Produção e Qualidade, foi observado que a falta de treinamento adequado para a manipulação e inspeção dos produtos em ABS Natural, tem comprometido a qualidade e eficiência do processo.

Essa deficiência na capacidade da mão de obra impacta negativamente o processo de metalização. Além disso, as máquinas apresentam vazamentos de óleo e água na calha, o que pode contaminar os produtos e prejudicar o resultado final.

Os moldes também apresentam problemas como marcas, batidas e linhas de fechamento inadequadas, essas anomalias se tornam evidentes após a metalização afetando a qualidade estética. Após a análise de causas, a equipe elaborou o plano de ação.

4.2.1. Proposta do Projeto

Para minimizar os problemas recorrentes nas produções de ABS Natural, é necessário tomar medidas importantes.

- Criar um check-list para o processo ABS Natural, a ser utilizado no início de cada produção.
- Treinamento dos operadores sobre os cuidados específicos com o produto em ABS Natural, com o objetivo de minimizar as contaminações que ocorrem durante a produção.
- Realização de preventivas nos moldes com defeitos, para garantir um acabamento superficial com a qualidade desejada.
- Programação de manutenção para as máquinas com vazamentos, para evitar a contaminação da calha por onde o produto passa.
- Criação de padrão de liberação.

A implementação dessas medidas é crucial para a melhoria do processo produtivo e para a garantia da qualidade dos produtos em ABS Natural.

4.2.2. (P) Planejamento do Projeto

Seguindo o ciclo PDCA, a fase de Planejamento envolve conhecer a causa do problema, a definição de metas e a determinação dos métodos para atingi-las. Nesta etapa do projeto, avaliou-se os 6Ms - máquina, material, método, mão de obra, medida e meio ambiente - para definir as principais causas que podem estar influenciando a produção das peças não conformes e, conseqüentemente, o processo de metalização. A análise cuidadosa de cada um desses elementos é essencial para um planejamento eficaz, pois permite uma visão holística dos fatores que impactam a qualidade da produção.

Por exemplo, ao examinar as máquinas, pode-se identificar a necessidade de ajustes ou manutenção preventiva que garantam um funcionamento adequado. No que tange ao material, verificar a qualidade da matéria-prima utilizada é fundamental, pois variações podem afetar tanto as propriedades mecânicas das peças quanto a aderência do revestimento metálico. Adicionalmente, as condições de trabalho e formação de mão de obra necessitam de atenção especial para assegurar que todos

os operadores estejam capacitados e conscientes das melhores práticas. A definição de metas claras e mensuráveis, bem como a utilização de indicadores de desempenho, possibilita a avaliação contínua do progresso, facilitando ajustes necessários ao longo do processo.

Dessa maneira, o planejamento se torna uma ferramenta estratégica no alcance da qualidade e na minimização de retrabalhos, contribuindo para a eficiência e eficácia da produção.

Figura 9. Planejamento - Método Ishikawa e 6Ms

Recursos		
Engenharia: Técnico de Processos, Analista da Qualidade		
Fábrica: Supervisor de Produção, Trocador de molde, Facilitador, Manutenção, Ferramentaria		
Problemas		
<p>Possíveis causas relacionadas a Máquina</p> <ul style="list-style-type: none"> - Molde com defeito: Batida na cavidade, espelhamento, rebarba. - Roteiros não adequados para os moldes 	<p>Possíveis causas relacionadas a Meio Ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vazamento de água e óleo na calha - Caixas e mesa sujas de óleo - Luz no local de trabalho é suficiente? 	<p>Possíveis causas relacionadas a Mão de Obra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operadores sem treinamento - Operadores em contato com insumos contaminados - Tempo de análise por longo período, vista cansada
<p>Possíveis causas relacionadas a Material</p> <ul style="list-style-type: none"> - Padronização da matéria prima - Bandeja suja, contaminada - Bancadas sujas e contaminadas com óleo - Luvas contaminadas por contato com insumos contaminados e local de trabalho - Tesoura contaminada 	<p>Possíveis causas relacionadas a Método</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ciclo automático, peças caem na calha e entram em contato com água e óleo - Operadores abastecem o local de trabalho, risco de contaminação das luvas. - Rondas da Qualidade, produção acompanha produção apenas na liberação da produção - Tempo de ciclo é ideal? 	<p>Possíveis causas relacionadas a Medida</p> <ul style="list-style-type: none"> - Treinamento para operadores e apoio em geral - Padronizar rondas da Qualidade a cada 2 horas - Padronização de instrução de trabalho - Adequação local de trabalho para minimizar as contaminações - Trabalhar em semi automático para retirar o contato da peça com a máquina
Objetivo		
Realizar melhorias de imediato como: Treinamentos de manipulação das peças, adequação do local de trabalho e ações de manutenção e ferramentaria para sanar vazamentos de água e óleo		

Fonte: Autor (2025)

4.2.3. (D) Execução do Projeto

Na fase de execução do PDCA, foram implementados os planos de ação, colocando em prática as medidas que foram elaboradas após a avaliação das causas de maior impacto na produção de itens não conformes

Nessa etapa foi utilizado o 5W2H como principal ferramenta para criação de planos de ação, levantando as possíveis causas e sugestões de melhoria do processo, bem como as propostas e medidas para solucionar os problemas identificados.

Figura 10. Plano de Ação - Método 5W2H

PLANO DE AÇÃO 5W2H												
EMs	O QUE? (WHAT)	POR QUE? (WHY)	QUEM? (WHO)	ONDE? (WHERE)	QUANDO? (WHEN)	COMO? (HOW)	QUANTO? (HOW MUCH)	STATUS			EVIDENCIA DE CONCLUSÃO	
MÁQUINA	Analisar novos roteiros para produtos ABS	Alguns roteiros atuais não atendem o padrão de qualidade	Técnico de Processos	Engenharia	30/jun	Realizando teste em outras injetoras	Nada consta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Verificar automatização	Ciclo automático acaba gerando batidas e peças sujas quando caem na calha	Técnico de processos	Engenharia	30/jun	Realizar orçamento e viabilidade da alteração	R\$ 180.000,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Manipulador 120 ml + 15 ml cada máscara SEPRO
	Realizar análise de ciclo para itens em ABS natural	Ciclos baixos impossibilitam o operador de realizar a inspeção visual	Técnico de Processos	Engenharia	30/jun	Realizar análise de tempo de ciclo e das atividades do operador	Nada consta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Realizar acompanhamento do molde 189 para identificação na contaminação com óleo	Alto índice de refugo do item produzido pelo molde	Técnico de Processos	Engenharia	30/mar	Realizar injeção de lote com acompanhamento da engenharia com posterior envio ao fornecedor	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pela quantidade de peças fornecidas de 01/2025 a 03/2025, o índice de refugo deste item atingiu a casa de 39% aproximadamente
	Eliminar vazamento de óleo nas injetoras	Para eliminar variável de refugo por contaminação	Supervisor de Manutenção	Manutenção	?	Identificando os vazamentos e abrindo Ordem de Serviço para correção	?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aberto Ordem de Serviço para as máquinas: 39, 35, 24
	Verificar a possibilidade de cromagem e fazer fechamento na cavidade do molde 10 e 100	Para dedicar esses dois moldes para fazer somente itens em natural	Técnico de Processos	Engenharia	30/mar	Solicitar análise da ferramentaria	R\$ 7.800,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Os dois moldes serão feitos internamente. Somente foi comprado material para conclusão
	Luminosidade das bancadas dos naturais não atende a especificação técnica inicial do projeto (1200 lm)	Porque foi trocado dois moldes após as manutenções solicitadas ao decorrer do tempo	Supervisores de produção / Supervisor de Manutenção	Manutenção	30/mar	Realizar levantamento da quantidade de bancadas com luminárias e solicitar através de Ordem de Serviço a alteração da lâmpada se necessário, bem como a compra de novas bancadas	?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Levantamento da quantidade de bancadas será feito no Turno 1 e posteriormente as ações seguintes com a ajuda da manutenção
MATERIAIS	Revisar a quantidade de fornecedores homologados dos materiais utilizados no Naturais	Para eliminar variável de rejeitos nos componentes	Engenharia de Materiais	Engenharia	30/mar	solicitar a engenharia análise da matéria prima	Na consta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Revisão da porcentagem de scrap no processamento do ABS Natural	Para eliminar variável de rejeitos nos componentes	Engenharia de Materiais	Engenharia	30/mar	solicitar a engenharia análise da matéria prima	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
MÃO DE OBRA	Capacitação dos colaboradores (operadores de produção)	Para maior confiabilidade no processo de produção	Supervisores de Produção	Produção	14/mar	Aplicando treinamento em ABS para os colaboradores envolvidos no Processo Natural	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Capacitação da equipe da qualidade	Para maior confiabilidade no processo de produção	Analista da Qualidade	Qualidade	11/abr	Aplicando treinamento em ABS para os colaboradores envolvidos no Processo Natural	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Capacitação da equipe de manutenção e ferramentaria	Para maior confiabilidade no processo de produção	Analista da Qualidade	Manutenção	11/abr	Aplicando treinamento em ABS para os colaboradores envolvidos no Processo Natural	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Criado DDQ (Diálogo Diário da Qualidade) para conscientização da equipe de manutenção e ferramentaria
MÉDIA	Aumento da frequência dos testes de ácido	Para garantir o processo com relação a tensionamento	Supervisor da Qualidade	Qualidade	11/abr	Alteração de PC (Plano de Controle) e comunicação a equipe	Nada consta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Melhorar embalagens de produtos Naturais (bandejas sujas de poeira)	Para diminuir a contaminação com sujidades	Coordenador de Produção	Produção	30/abr	Desenvolvendo covas caixas e embalagens	?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Atualização de documentos de Processos	Para garantir a estabilidade do Processo	Técnico de Processos	Engenharia	20/jul	Confeccionando as PA's (Padrão de Atividades) e FT's (Fichas Técnicas) de Processos	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Melhorar fluxo de retorno de lotes reprovados	Para garantir avaliação dos produtos bloqueados pelo Fornecedor	Fornecedor	Empresa Metalizadora	30/mar	Não misturar lotes com diferentes datas e com melhor acondicionamento	Nada consta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Garantir FIFO de produtos Naturais	Para diminuir a contaminação com sujidades	Supervisor de Logística	Logística	?	Realizando FIFO no momento de separação dos produtos pa envio ao Fornecedor	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Aumentando a inspeção dos produtos Naturais	Para diminuição de bloqueios e reprovação	Supervisor de Produção / Analista de Produção	Produção	30/abr	Criando fluxo de inspeções por Operadores 3 e Processistas com a utilização da Caneta Dyme(verificar tensão superficial) e implantação desta rota de inspeção no MCP	Nada consta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Juntamente com a equipe da qualidade estão avaliando nomes para a criação dos testes para seguir com os cadastros no códigos dos itens Naturais

M É T O D O	Organização do posto de trabalho após o Setup para produtos Naturais	Para eliminar variáveis de problemas recorrentes no processo de metalização	Supervisor de Produção	Produção	22/mar	Criar check list para produção do Naturais (verificar vazamentos de água e óleo na calha, máquinas sujas após setup, organização e limpeza de posto de trabalho, periféricos sujos, tesouras, caixas com óleo, bandejas sujas)	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Falta validar com todos os supervisores e passar para a equipe
	Aumento das rondas da qualidade	Para diminuição de bloqueios e reprovações	Supervisor da Qualidade	Qualidade	21/abr	Garantir que a qualidade consiga realizar mais rondas nas máquinas em Natural	Nada consta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uma pessoa será responsável por essa tarefa a partir desta data
	Gestão a Vista dos itens críticos (definir criticidade)	Para orientar os colaboradores a identificar os pontos críticos das peças	Analista da Qualidade	Engenharia	28/mar	Confeccionar material com região A, B, C	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Foi criado uma tabela com regiões de A, B C e Tabela com critérios de aceitação para ABS Natural
	Análise das operações do operador no posto de trabalho	Para eliminar variáveis de problemas recorrentes no processo de metalização, com movimentação de caixas, limpeza de calhas e outras.	Supervisores de Produção	Produção	30/mar	Garantindo que o operador que inspecione as peças em natural não realize atividades que possam contaminar suas luvas	?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Verificar viabilidade de lençol descartável para forrar as mesas dos Naturais	Para eliminar variável de contaminação por sujidade e óleo	Analista de Produção	Produção	30/abr	Realizar orçamento de 1 amostra para teste	?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Revitalização do 5s nas bancadas dos produtos Naturais	Para eliminar contaminação através de sujidades	Supervisores de Produção	Produção	15/mai	Aplicando a ferramenta TPM nas bancadas	Nada consta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Reavaliar balancete de toda linha de molde do Natural (especificamente o MD 327)	Porque atualmente o MD apresentou desbalanceamento	Supervisor de Ferramentaria	Ferramentaria	?	Especialista de molde e ferramentaria analisando o MD	Nada consta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
A M B I E I O N T E	Instalação de lâmpadas nas bancadas de ferramentaria e compra de lupas com iluminação	Para que equipe de ferramentaria tenha uma melhor visualização no momento da verificação dos moldes dos produtos em Natural	Supervisor de Ferramentaria	Ferramentaria	?	Realização de orçamento, aprovação e compra	?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fonte: Autor (2025)

4.2.4. (C) Controle do Projeto

Nesta etapa do projeto, ocorre um monitoramento de cada atividade do plano de ação, sendo possível analisar os resultados comparando com os objetivos previamente traçados. São verificados os resultados juntamente com o time, identificado o que deu certo, o que precisa ser melhorado e quais novas ações devem ser implementadas:

- Controle das cargas que chegam da metalização
- Treinamento de todos os envolvidos na produção de ABS Natural
- Monitoramento do Plano de Ação
- Reuniões de follow up
- Monitorar cronograma
- Agendas quinzenais sobre o tema com os envolvidos

4.2.5. (A) Melhorias / Boas Práticas

Nesta fase, as medidas implementadas que envolvem parâmetros de máquina, ficha de processo e instrução de trabalho são devidamente atualizadas. Adicionalmente, caso haja alteração de layout ou nas operações internas, são aplicados treinamentos aos colaboradores envolvidos e, se necessário, é criada uma instrução de trabalho específica para a mudança. Situações que implicam alteração em matéria-prima são comunicadas e discutidas com os setores de PCP, Suprimentos e Engenharia:

- Corrigir as anomalias encontradas nos moldes
- Analisar matéria prima (virgem x Scrap)
- Treinar a equipe
- Definir os padrões de trabalho
- Definir padrões de liberação
- Corrigir problemas encontrados em máquina
- Elaborar check-list de início de produção

4.3. Ações

É importante ressaltar que, por se tratar de um projeto ainda em andamento, os resultados mais consistentes se manifestarão ao longo dos próximos meses, conforme as práticas forem amadurecendo no ambiente operacional. Algumas ações demandam tempo, aquisição de ferramentas adequadas e um investimento considerável em treinamento e infraestrutura, o que torna o processo de implantação gradual e contínuo.

Apesar disso, já é possível observar impactos positivos decorrentes das iniciativas implementadas até o momento, especialmente em relação à organização dos espaços, à conscientização dos colaboradores e às melhorias iniciais nos fluxos de trabalho. Esses primeiros avanços indicam que o projeto está caminhando na direção correta e que os benefícios tendem a se intensificar à medida que novas etapas forem consolidadas.

4.3.1. Ações Implementadas em Máquinas

Inicialmente, foram identificados vazamentos de água e óleo nas máquinas e emitidas Ordens de Serviço para a correção das Injetoras 39, 35 e 24, roteiros das peças em ABS Natural, eliminando assim, a variável de refugo por contaminação.

Testes de injeção de peças em ABS Natural foram conduzidos em injetoras alternativas por um Técnico de Engenharia de Processos, com o objetivo de desenvolver novos roteiros. Os roteiros existentes não estão em conformidade com os padrões de qualidade exigidos.

Alguns moldes que apresentavam pequenos defeitos, como batidas, riscos e oxidação na cromagem, foram analisados e reparados internamente pela ferramentaria. Outros moldes, de peças menores e múltiplas cavidades, apresentaram cavidades que demandam maior atenção. Estes serão enviados para reparo em uma ferramentaria externa, mas atualmente, optou-se por desativar as cavidades problemáticas, seguindo as diretrizes aplicáveis a produtos pequenos de baixo impacto.

Testes também foram conduzidos para eliminar o uso de óleo protetivo em moldes que injetam em ABS Natural. O objetivo é evitar a transferência de resíduos de óleo para a superfície das peças e a possível influência negativa dessa ação no molde. Para este teste, utilizou-se o molde MD 0290 Corpo de Prova.

Previamente ao experimento, o molde foi submetido a uma abertura na ferramentaria para limpeza e remoção completa do óleo protetivo. Realizou-se o avanço da placa extratora para inspecionar os pinos extratores e verificar a presença de oxidações, as quais não foram identificadas.

Com o molde já instalado na máquina, procedeu-se a uma produção de aproximadamente 2 horas. Após a conclusão, o molde permaneceu fechado na máquina, sem a aplicação de spray protetivo. Durante este experimento, o molde não foi aberto nem lubrificado. Teste realizado com sucesso, molde não apresentou oxidação e a extração das peças ocorreu perfeitamente sem peças presas na cavidade.

Figura 11. Molde MD 0290 Corpo de Prova



Fonte: Autor (2025)

4.3.2. Ações Implementadas em Matéria Prima

Passou-se a utilizar apenas Material ABS Natural Starex 100% virgem em peças suscetíveis a tensões internas, com o objetivo de buscar estabilidade no processo, principalmente em relação às reprovações do produto nos testes de tensionamento e estresse residual com Ácido Acético Glacial, revisando a porcentagem de scrap, o qual será aplicado unicamente em peças de pequenas dimensões, na proporção de 70% de material virgem para 30% de material moído.

A análise da performance do material virgem em relação aos testes de tensionamento e estresse residual, foram positivos com 100% das peças aprovadas.

4.3.3. Ações Implementadas em Mão de Obra

Os colaboradores (operadores de produção, qualidade, manutenção e ferramentaria) foram capacitados por meio da aplicação de treinamento especificamente para os envolvidos no Processo Natural.

O treinamento aborda as características de verificação e aprovação das peças, os itens a serem verificados, os testes a serem realizados e os procedimentos adequados de armazenamento e manuseio das peças.

Além disso, foram instruídos sobre a organização e a limpeza do posto de trabalho, incluindo a correta gestão das ferramentas, tesouras, caixas com óleo, bandejas sujas e a troca de luvas sempre que necessário.

Elaborado material instrutivo detalhando as regiões A, B e C, com o objetivo de auxiliar os colaboradores na identificação dos pontos críticos das peças.

Criado o DDQ (Diálogo Diário da Qualidade), com o intuito de conscientizar as equipes de manutenção e ferramentaria.

Figura 12. Modelo de Material Instrutivo para Critério de Aceitação

CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO PARA ABS NATURAL	
<p>Região A - "Região de alta criticidade. As peças que possuem algum tipo de defeito nesta região deverão ser rejeitadas."</p>	
<p>Região B - "Região de média criticidade. Para esta região estão liberados até 3 pontos que não sejam agressivos e não estejam próximos"</p>	
<p>Região C - "Região de baixa criticidade. Para esta região estão liberados defeitos que não provoquem deslocamento da Camada de metalização visto que a região "C" é de difícil visualização ."</p>	

Fonte: Autor (2025)

4.3.4. Ações Implementadas em Método

- Otimizado a organização do posto de trabalho após o setup para produtos naturais.
- Desenvolvido um checklist para a produção de produtos Naturais, abrangendo a verificação de vazamentos de água e óleo na calha, a limpeza de máquinas após

o setup, a organização e higienização do posto de trabalho, a limpeza de periféricos, tesouras, caixas com óleo e bandejas.

- Aprimorado a utilização das embalagens de produtos Naturais, na questão das bandejas sujas de poeira, designando um operador para a tarefa de limpeza e abastecimento das embalagens, garantindo que o operador que inspecione as peças em natural não realize atividades que possam contaminar suas luvas
- Realizando a reinspeção por amostragem por inspetor da qualidade dos lotes a serem enviados ao Fornecedor.
- Assegurado o cumprimento do método FIFO (First-In, First-Out) para produtos Naturais e diminuir a contaminação com sujidades.
- Análise do tempo de ciclo e das atividades do operador. Ciclos de trabalho reduzidos impossibilitavam o operador de realizar a inspeção visual.
- 5S nas bancadas dos produtos Naturais, antes e durante a produção.

Figura 13. Check List - Início de Produção

CHECK LIST INÍCIO DE PRODUÇÃO PEÇAS PARA METALIZAÇÃO			
DATA: _____		MAQUINA: _____	CODIGO: _____
OPERADOR: _____		TURNO: _____	MOLDE: _____
Atividade	Descrição	Atividade conforme?	Observação
Preparação de Máquina	A máquina está limpa e livre de resíduos de produções anteriores?	SIM () NÃO ()	
	A calha e as partes móveis da máquina estão limpas?	SIM () NÃO ()	
	Possui vazamento de óleo ou água?	SIM () NÃO ()	
	Bancada ou calha possui luz adequada?	SIM () NÃO ()	
	O painel e porta estão devidamente limpos, isentos de contaminação?	SIM () NÃO ()	
Materiais	O ventilador ou ventoinha estão limpos?	SIM () NÃO ()	
	O ABS natural está seco e livre de umidade?	SIM () NÃO ()	
	O material está sem contaminação?	SIM () NÃO ()	
Moldes	O material está aquecido?	SIM () NÃO ()	
	O molde veio limpo da ferramentária?	SIM () NÃO ()	
Configurações de processo	O molde possui resíduos de produtos anteriores? Solicitar a limpeza, caso estiver NOK, antes de iniciar	SIM () NÃO ()	
	O tempo de resfriamento está correto?	SIM () NÃO ()	
	A temperatura do termorregulador está correta?	SIM () NÃO ()	
Cuidados com contaminação	A água está ligada?	SIM () NÃO ()	
	As luvas estão a disposição para troca?	SIM () NÃO ()	
	A mesa está forrada e limpa?	SIM () NÃO ()	
	As bandejas estão limpas?	SIM () NÃO ()	
Documentação	O alicate fornecido foi limpo?	SIM () NÃO ()	
	A documentação necessária está em máquina?	SIM () NÃO ()	
Comunicação	O produto possui ficha técnica? está atendendo aos parâmetros?	SIM () NÃO ()	
	A equipe foi informada sobre os procedimentos e cuidados necessários para evitar a contaminação?	SIM () NÃO ()	
Início de produção	Todos os itens do check list foram revisados e estão conforme?	SIM () NÃO ()	
	Dar sinal verde para o início da produção das peças para metalização!!!	SIM () NÃO ()	

Facilitador
Nome completo legível

Supervisor
Nome completo legível

Fonte: Autor (2025)

Figura 14. Check List - Controle de Produção

MÁQUINA			CÓDIGO		CHECK PEÇAS NATURAIS
DATA	HORA	CARGO	MATRICULA	NOME	STATUS
	01:00	FACI			
	02:00	OP III			
	03:00	FACI			
	04:00	OP III			
	05:00	OP III			
	06:00	FACI			
	07:00	OP III			
	08:00	FACI			
	09:00	OP III			
	10:00	FACI			
	11:00	OP III			
	12:00	FACI			
	13:00	OP III			
	14:00	FACI			
	15:00	OP III			
	16:00	FACI			
	17:00	OP III			
	18:00	FACI			
	19:00	OP III			
	20:00	FACI			
	21:00	OP III			
	22:00	OP III			
	23:00	FACI			
	00:00	OP III			

Fonte: Autor (2025)

4.3.5. Ações Implementadas em Medida

Aumento da frequência dos testes de ácido, rondas da Qualidade e a inclusão do teste de umidade da matéria-prima no início da produção de ABS natural, reduziram consideravelmente os refugos internos.

4.3.6. Ações Implementadas em Meio Ambiente

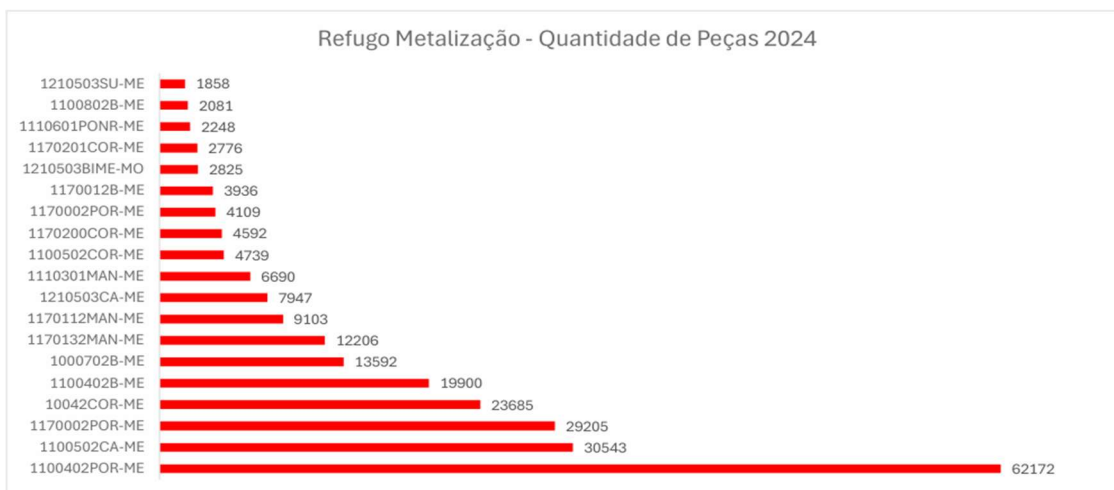
- Instalação de lâmpadas nas bancadas da ferramentaria e compra de lupas com iluminação.
- Instalação de lâmpadas nas calhas das injetoras e compra de lupas com iluminação para área da produção.
- Aumento da frequência do 5S.
- Demarcação da área para caixas de refugo, borra, canal, palete de peças embaladas, suprimentos e mesa de trabalho.

5.RESULTADOS

Conforme a análise de refugos na metalização no ano de 2024, foi identificado a produção de aproximadamente 274 mil peças com defeitos decorrentes de falhas de injeção e manuseio, gerando um custo total de R\$ 550 mil, que engloba tanto as peças metalizadas com problemas quanto às descartadas antes da metalização. No primeiro semestre de 2025, observou-se um aumento para 310 mil peças defeituosas, com um custo associado de R\$ 350 mil.

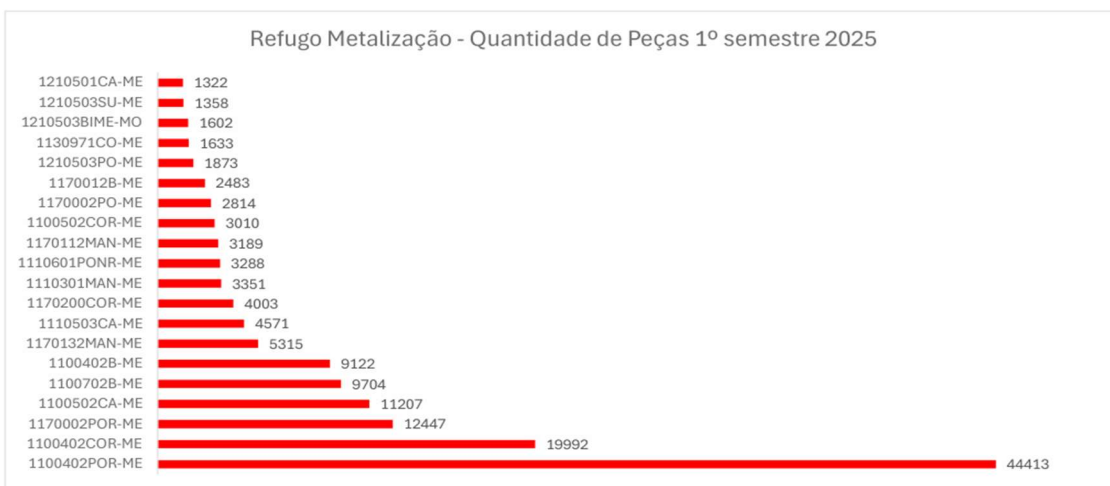
Esses dados ressaltaram a urgência de implementar ações corretivas eficazes para mitigar o risco de que esses números excedam os do ano anterior.

Figura 15. Quantidade de Refugo na Metalização ano de 2024



Fonte: Autor (2025)

Figura 16. Quantidade de Refugo na Metalização ano de 2025



Fonte: Autor (2025)

Após a implementação das ações, é possível observar resultados positivos. Notavelmente, no mês de outubro, o índice de não conformidades diminuiu significativamente em comparação com junho, que registrava um alto índice no início do segundo semestre, reflexo dos meses anteriores

Figura 17. Porcentagem de Refugo na Metalização em junho de 2025



Fonte: Autor (2025)

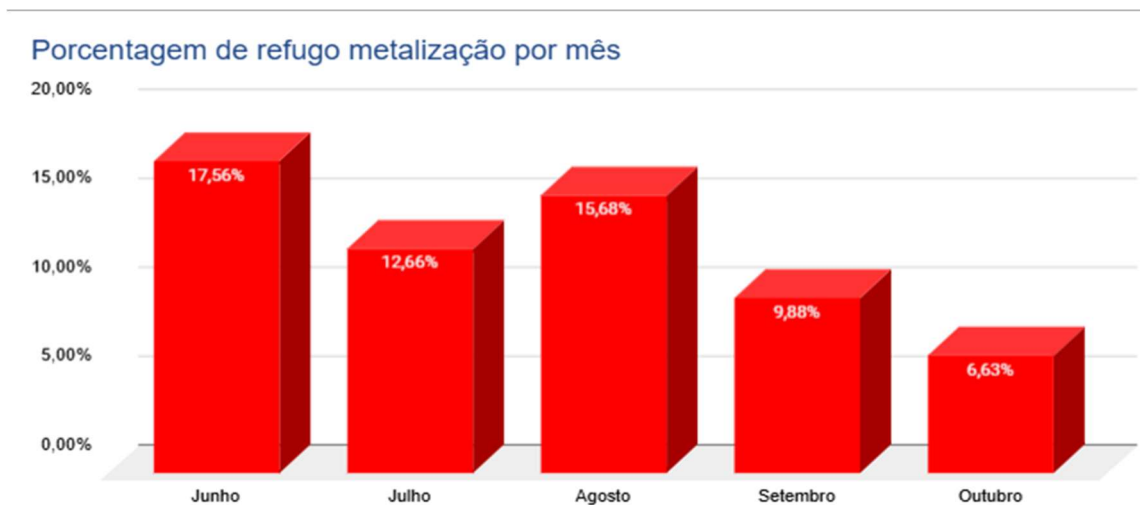
Figura 18. Porcentagem de Refugo na Metalização em outubro de 2025



Fonte: Autor (2025)

Nos primeiros três meses após a implementação das ações, foi notada uma quantidade considerável de refugo. No entanto, esta ocorrência deve-se ao envio de diversas amostras de testes que apresentaram resultados tanto positivos como negativos, permitindo à equipe fazer os ajustes e melhorias necessárias.

Figura 19. Porcentagem de Refugo na Metalização 2º semestre de 2025



Fonte: Autor (2025)

Com base nos dados apresentados, é possível constatar que as ações implementadas atualmente estão gerando resultados positivos. Para os próximos meses, serão implementadas as ações que demandam mais tempo, ferramentas e investimento. Estas iniciativas estão alinhadas com o Plano de Ação 5W2H, que segue o Planejamento (Método Ishikawa – 6Ms) que identificou as principais causas a serem resolvidas, e fornecem a expectativa de alcançar resultados ainda mais consistentes.

6. CONCLUSÃO

A combinação das ferramentas de qualidade Diagrama de Ishikawa e 5W2H demonstrou ser altamente eficaz na resolução dos elevados índices de refugo no fornecedor de peças metalizadas. O Diagrama de Ishikawa proporcionou uma visualização detalhada das potenciais causas do problema (Mão de Obra, Máquina, Matéria-prima, Método, Medição e Meio ambiente), auxiliando na identificação de falhas no processo, problemas com a matéria prima reciclada (scrap), desgaste do molde, deficiência na mão de obra (falta de treinamentos), manutenção das máquinas e questões relacionadas à área de trabalho (iluminação deficiente, organização e limpeza). Uma vez identificadas as causas raízes, o 5W2H entrou em ação funcionando como um checklist administrativo e de gestão, transformando as soluções propostas em um plano de ação claro e objetivo. A combinação do Diagrama de Ishikawa com o 5W2H melhorou significativamente a resolução de problemas na produção de peças injetadas em ABS natural, reduzindo as não conformidades nas peças metalizadas, refugos, retrabalho e custos.

Por ser um projeto em andamento, espera-se que os resultados mais significativos apareçam nos próximos meses, à medida que as ações que demandam tempo e investimento forem totalmente implementadas. No entanto, já é possível notar um impacto positivo das medidas adotadas.

7. TRABALHOS FUTUROS

- 1) Desenvolvimento de um plano de controle integrado para prevenção de falhas na metalização: Investigar e propor um sistema mais completo de monitoramento de variáveis críticas do processo — como limpeza, tensão, temperatura, umidade e parâmetros de aplicação. O estudo poderia incluir sensores, checklists digitalizados e indicadores de performance para reduzir reincidência de defeitos.
- 2) Avaliação da implementação de tecnologias avançadas para inspeção de peças metalizadas: Explorar o uso de visão computacional, inteligência artificial ou scanners ópticos para identificar microdefeitos que não são visíveis a olho nu. O trabalho pode comparar a eficiência tecnológica com a inspeção manual atual e medir os impactos em qualidade, produtividade e retrabalho.

REFERÊNCIAS

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Aparece frequentemente citado em publicações sobre ferramentas da qualidade. Um exemplo é o livro **Controle estatístico de qualidade** (Carpinetti; Costa; Epprecht, 2004) que trata de algumas ferramentas básicas.

CROSBY, Philip B. **Qualidade é Investimento**. RJ: José Olímpio Editora, 1979.

DALLEPIANE, J. **Tecnologia de Polímeros: Processos e Aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2018.

FARSHBAF, M.; BEHROUZI, M.; ASIABANI, M. **Effect of filler content on mechanical properties of acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) composites**. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, v. 30, n. 24, p. 2016–2024, 2011.

FUGANTI, M. **Introdução à Ciência e Tecnologia dos Polímeros**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

HARADA, H. **Fundamentos de Polímeros**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

KUREK, A. P.; DOTTO, M. E. R.; SELLIN, N.; ARAÚJO, P. H. H. **Transferência de metalização no polímero acrilonitrila butadieno estireno (ABS) no processo de injeção, utilizando a tecnologia de in mold label**. *Revista Liberato*, v. 19, n. 32, 2018. Disponível em: revista.liberato.com.br. Acesso em: 24 set. 2025.

MARSHALL JUNIOR, Isnard; CIERCO, Antonio Albino; ROCHA, Adiel T.; RIBEIRO, Antonio Carlos de Souza. **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. OMIE DIGITAL. **O que é manufatura e qual sua importância nos processos industriais**. Disponível em: <https://www.omie.com.br/blog/o-que-e-manufatura-e-qual-sua-importancia-nos-processos-industriais/>. Acesso em: 22 set. 2025.

PANSONATO, R. **Projeto de fábrica e arranjo físico**. 1.ed. São Paulo: Contentus, 2020.

PRIMO INDUSTRIAL. **Injeção plástica**: conheça o processo de injeção do plástico. Disponível em: <https://www.primoindustrial.com.br/injecao-plastica-conheca-o-processo-de-injecao-do-plastico>. Acesso em: 22 set. 2025.

PROLEANTECH. **ABS plastics**: strength, versatility, and manufacturing insights. 9 ago. 2023. Disponível em: <https://proleantech.com/pt/abs-plastics-strength-versatility-and-manufacturing-insights/>. Acesso em: 24 set. 2025.

RANZAN, Taís. **Estudo do processo de cromagem de peças em terpolímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS)**. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2018.

RODRIGUES, J. F. **ABS**: Avanço das aplicações técnicas da resina. Plástico.com.br, 17 nov. 2023. Disponível em: plastico.com.br. Acesso em: 24 set. 2025.

SÁNCHEZ, M. A.; SILVA, M. A.; SÁNCHEZ, M. A. **Tratamento químico superficial e metalização de ABS, PVC e blendas de PVC/ABS**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 25, n. 2, p. 212–218, 2015.

VILLAS BOAS MELLO, José André; GUEDES DE SOUZA CARVALHO, Natalia. **Redução da não conformidade como planejamento para a melhoria de desempenho em uma fábrica no estado do Rio de Janeiro**. Revista de Globalização, Competitividade e Governabilidade [en línea]. 2017, 11(3), 38-57[fecha de Consulta 12 de Octubre de 2025]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=511854480002>