



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia da Qualidade 4.0
Certificado Black Belt



Petra Pontes Cezarini
Rafaela Barranco

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE
DEFEITOS DE APLICAÇÃO DE FILME EM MATERIAL CHAPA PRÉ
PINTADA (CPP) EM UMA SIDERÚRGICA**

**CURITIBA
2026**

Petra Pontes Cezarini

Rafaela Barranco

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE
DEFEITOS DE APLICAÇÃO DE FILME EM MATERIAL CHAPA PRÉ
PINTADA (CPP) EM UMA SIDERÚRGICA**

Monografia apresentada como resultado à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado Black Belt. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA
2026**

RESUMO

Uma empresa do segmento siderúrgico, especializada na fabricação de aços com alto padrão de desempenho e destinada a diferentes cadeias industriais como os setores automotivo, de eletrodomésticos (linha branca) e de embalagens metálicas, passou a observar um crescimento significativo nas não conformidades relacionadas à aplicação de filme protetivo em chapas pré-pintadas (CPP) ao longo do processo produtivo. Esse cenário resultava em retrabalhos frequentes, aumento do consumo de matéria-prima, elevação dos custos operacionais e possíveis impactos na percepção de qualidade por parte dos clientes, afetando diretamente a eficiência operacional e os indicadores de desempenho da organização. Diante dessa problemática, o presente estudo teve como objetivo principal minimizar as falhas associadas à etapa de aplicação do filme protetivo, por meio da aplicação da metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), amplamente utilizada em programas de melhoria contínua. A condução do trabalho ocorreu no ambiente fabril, com o envolvimento direto de operadores e equipe técnica, buscando mapear o processo, identificar causas raízes das não conformidades, avaliar as variáveis críticas e implementar ações corretivas e preventivas mais assertivas. Os resultados demonstraram que a aplicação estruturada do DMAIC favoreceu maior controle do processo, padronização das operações consideradas críticas e fortalecimento da cultura de melhoria contínua, contribuindo para a elevação da qualidade do produto e para a redução de perdas no processo produtivo.

Palavras-chave: DMAIC. Não conformidades. Chapas pré-pintadas (CPP). Melhoria contínua. Controle de processo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA1 – Exemplo de “cinco porquês”	16
FIGURA 2 – Ciclo DMAIC	19
FIGURA 3 - Gráfico valores absolutos de rejeição de material CPP devido defeitos durante aplicação de filme	23
FIGURA 4. Gráfico de valores relativos de rejeição de material CPP devido defeitos durante aplicação de filme	23
FIGURA 5 – Estudo de MSA para detecção de defeitos superficiais	24
QUADRO 1 - Cronograma para o desenvolvimento do projeto DMAIC	25
FIGURA 6 - Defeito HD – vinco no filme	26
FIGURA 7 - Filme mal aplicado – KK	27
FIGURA 8 - Gráfico de estratificação por tipo de defeito	27
FIGURA 9 - Gráfico de valores absolutos e relativos de rejeição de HD em CPP distribuído por largura de material	28
FIGURA 10 - Gráfico do índice mensal de rejeição por HD em CPP por data de aplicação na LPC	29
FIGURA 11 - Gráfico do índice mensal de rejeição de HD em CPP por data e turno de aplicação na LPC	30
FIGURA 12 - Gráfico do índice mensal de incidência de HD em materiais de largura 863mm com aplicação de filme na LPC	31
FIGURA 13 - Gráfico do índice mensal de incidência de HD em materiais de largura 1040mm com aplicação de filme na LPC	31
FIGURA 14 - Gráfico de representação da média dos índices de rejeição de HD bem como da meta específica definida	32
FIGURA 15 - SIPOC da LPC – linha de pintura continua	33
FIGURA 16 - Causas mapeadas para o problema de HD durante aplicação de filme na LPC	34
FIGURA 17 - Causas distribuídas na matriz de priorização	35
QUADRO 2 - Comprovação das causas priorizadas e relação com o defeito	36
QUADRO 3 - Primeira versão do plano de ação	37
QUADRO 4 - Quadro com os resultados da avaliação dos riscos	38
QUADRO 5 - Plano de ação do projeto	40

FIGURA 18 - Gráfico de % de incidência e média após execução do projeto	42
FIGURA 19 - Gráfico BLOXPLOT	43
FIGURA 20 - Gráfico do indicador do projeto após conclusão	45
FIGURA 21 – Gráfico do índice de reclamação de clientes.....	45

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	7
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	8
1.3. JUSTIFICATIVA.....	9
1.4. HIPÓTESE.....	9
1.5. OBJETIVO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. GESTÃO DA QUALIDADE	10
2.2. CICLO PDCA.....	10
2.3. SIX SIGMA	11
2.4. MÉTODO DMAIC.....	12
2.4.1. APLICAÇÕES NA MANUFATURA	12
2.5. DIAGRAMA DE ISHIKAWA	14
2.6. 5 PORQUÊS.....	15
2.7. SIPOC	16
2.8. 5W2H	17
2.9. ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	18
3. METODOLOGIA.....	19
3.1. METODOLOGIA DMAIC.....	19
3.1.1. FASE DEFINIR.....	19
3.1.2. FASE MEDIR.....	20
3.1.3. FASE ANALISAR	20
3.1.4. FASE MELHORAR.....	21
3.1.5. FASE CONTROLAR.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO.....	22
4.1. RESULTADOS FASE DEFINIR	22
4.1.1. CRONOGRAMA	25
4.2. RESULTADOS FASE MEDIR.....	26
4.3. RESULTADOS FASE ANALISAR.....	32
4.4. RESULTADOS DA FASE MELHORAR	36
4.5. RESULTADOS FASE DE CONTROLE.....	43
5. CONCLUSÕES	46
5.1. Sugestões de trabalhos futuros.....	47

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48

1. INTRODUÇÃO

O setor siderúrgico constitui um dos pilares fundamentais do desenvolvimento econômico e industrial de um país. O aço é matéria-prima estratégica para diversas cadeias produtivas, sendo amplamente utilizado nos segmentos automotivo, construção civil, linha branca, infraestrutura, energia e embalagens metálicas.

Do ponto de vista técnico, a produção siderúrgica envolve processos complexos, que exigem controle rigoroso de variáveis como temperatura, composição química, tratamentos térmicos e acabamento superficial. A qualidade do produto depende da estabilidade desses parâmetros e da padronização das etapas produtivas. Nesse contexto, a confiabilidade dos processos industriais torna-se essencial para garantir desempenho mecânico, durabilidade e segurança das aplicações finais do aço.

A indústria siderúrgica possui importância estratégica não apenas como fornecedora de insumos industriais, mas também como agente de desenvolvimento tecnológico, econômico e social. Sua atuação impacta diretamente o crescimento industrial, a geração de valor agregado e a competitividade dos setores que dependem do aço como matéria-prima essencial.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A análise do desempenho produtivo da siderúrgica evidenciou aumento no volume de chapas pré-pintadas (CPP) rejeitadas em decorrência de falhas na aplicação do filme protetivo. Considerando esse contexto, verificou-se a necessidade de implementar um projeto estruturado com o objetivo de reduzir esses defeitos e, conseqüentemente, diminuir os impactos financeiros e reclamações de clientes, associados ao problema.

O projeto tem como objetivo principal identificar as principais causas das rejeições de chapas pré-pintadas (CPP) associadas à aplicação de filme protetivo, bem como implementar ações corretivas e preventivas que assegurem maior estabilidade e controle do processo produtivo. Busca-se, com isso, promover maior eficiência operacional e reduzir a variabilidade observada nos indicadores de desempenho. Espera-se a redução das perdas financeiras decorrentes de retrabalhos, sucateamento e custos relacionados à não qualidade.

A melhoria da qualidade das chapas pré-pintadas contribuirá para o aumento da satisfação dos clientes, maior previsibilidade dos processos e consolidação da

empresa como fornecedora de referência no setor siderúrgico, alinhada às exigências de desempenho, segurança e qualidade

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Durante a aplicação de filme protetivo nos materiais pré-pintados existe geração de defeitos de qualidade, que acabam tendo consequências de desvios internos e reclamações de clientes, impactando diretamente no fornecimento ao cliente e no custo. Os materiais que precisam ser desviados internamente acabam não sendo vendidos facilmente, limitando a capacidade de atendimento à demanda do mercado, além do suprimento nos estoques.

Em 2024, a média mensal de material rejeitado atingiu 71 toneladas, valor superior à média registrada em 2023, que foi de 61 toneladas. Esse crescimento no volume absoluto indica maior impacto operacional, especialmente no que se refere a retrabalho, sucateamento e custos associados à não qualidade.

Com base nisso, foi identificada, na siderúrgica, a necessidade de implementar um projeto estruturado com o propósito de reduzir os índices de chapas rejeitadas por falhas na aplicação do filme e mitigar os impactos financeiros decorrentes dessa condição. Para atender a essa demanda, foi adotada a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), que constitui uma abordagem sistemática para diagnosticar problemas e promover aprimoramentos nos processos existentes.

De acordo com Montgomery (2019), o Seis Sigma consiste em uma estratégia disciplinada e orientada por dados, cujo propósito é reduzir a variabilidade dos processos e eliminar defeitos por meio da aplicação sistemática de métodos estatísticos e ferramentas da qualidade. O autor destaca que a metodologia DMAIC fornece uma estrutura lógica para a condução de projetos de melhoria, permitindo definir claramente o problema, mensurar o desempenho atual, analisar causas fundamentais, implementar melhorias e estabelecer controles para sustentar os resultados ao longo do tempo.

1.3. JUSTIFICATIVA

Com base no alto volume de material rejeitado e dos impactos gerados na entrega e custos, o projeto é de extrema importância e está alinhado com as metas estratégicas da empresa. A empresa tem um indicador da alta direção de materiais rejeitados, o qual é diretamente afetado por este problema. Além disso, o sucesso do projeto trará um Saving considerável para a companhia, estima-se um Saving anual na ordem de R\$ 1.500.000,00 permitindo um aumento da lucratividade da empresa.

1.4. HIPÓTESE

Avaliando o ambiente geral onde os filmes são aplicados nas chapas pré pintadas, observou-se que o problema pode ser estratificado por tipo de defeito, local de aplicação do filme, turno e data de aplicação e largura do material. Esses fatores podem ter relação direta com o aumento dos índices de rejeitos de chapas pré pintadas, contribuindo para o aumento do retrabalho e diminuição da lucratividade da empresa.

1.5. OBJETIVO

O objetivo principal deste projeto DMAIC é reduzir a quantidade de chapas pré-pintadas (CPP) rejeitadas devido a falhas na aplicação do filme protetivo, a fim de minimizar perdas financeiras, reduzir retrabalho e aumentar a eficiência do processo produtivo na siderúrgica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. GESTÃO DA QUALIDADE

A Gestão da Qualidade é reconhecida como um dos pilares fundamentais para a competitividade das organizações, principalmente em ambientes industriais caracterizados por alta exigência em relação à eficiência operacional e à confiabilidade dos processos. Em um cenário de crescente competitividade e de consumidores cada vez mais exigentes, as empresas precisam garantir que seus produtos e serviços apresentem níveis elevados de qualidade, consistência e conformidade com as especificações estabelecidas. Segundo Douglas C. Montgomery (2020), a qualidade não depende apenas da inspeção final do produto, mas principalmente do controle e da melhoria contínua dos processos produtivos. Dessa forma, a gestão da qualidade passou a enfatizar a prevenção de falhas, a padronização das atividades e a melhoria contínua dos processos organizacionais.

Nesse contexto, diversas metodologias e ferramentas foram desenvolvidas com o objetivo de apoiar as organizações na identificação de problemas, na análise de suas causas e na implementação de melhorias. Entre essas abordagens destacam-se o ciclo PDCA, amplamente utilizado na gestão da qualidade, e o Six Sigma, metodologia voltada à redução da variabilidade e ao aprimoramento do desempenho dos processos.

2.2. CICLO PDCA

O Ciclo PDCA constitui uma das ferramentas mais tradicionais e amplamente utilizadas na gestão da qualidade. O método foi difundido por W. Edwards Deming, sendo considerado um modelo estruturado para condução de melhorias nos processos organizacionais. Essa abordagem baseia-se na melhoria contínua dos processos por meio de um ciclo sistemático de planejamento, execução, verificação e ação corretiva (DEMING, 1990; WERKEMA, 2011).

A lógica do PDCA baseia-se em um ciclo contínuo composto por quatro etapas interdependentes: Planejar, Executar, Verificar e Agir. A principal característica dessa abordagem é permitir que as organizações desenvolvam um processo sistemático de aprendizagem, no qual as ações implementadas são continuamente avaliadas e aperfeiçoadas (WERKEMA, 2011). Na etapa de planejamento, são identificados os

problemas ou oportunidades de melhoria existentes nos processos organizacionais, além da definição de metas e estratégias para alcançar os resultados pretendidos. Essa fase também envolve a análise das possíveis causas do problema e o estabelecimento de indicadores que permitam avaliar o desempenho do processo. A fase de execução corresponde à implementação das ações planejadas. Posteriormente, na etapa de verificação, os resultados obtidos são analisados com base nos dados coletados durante a execução das atividades. Essa análise permite avaliar se houve melhoria efetiva no desempenho do processo. Por fim, a fase de ação envolve a padronização das melhorias obtidas ou a adoção de medidas corretivas caso os resultados alcançados não estejam de acordo com as metas estabelecidas. A partir desse momento, o ciclo reinicia, promovendo um processo contínuo de aperfeiçoamento organizacional (DEMING, 1990; WERKEMA, 2011).

2.3. SIX SIGMA

Entre as metodologias modernas de melhoria de processos destaca-se o Six Sigma, abordagem que ganhou destaque por sua capacidade de reduzir falhas e aumentar a confiabilidade dos processos organizacionais. Diferentemente de métodos mais gerais de melhoria, o Six Sigma enfatiza a utilização de dados e ferramentas estatísticas para compreender o comportamento dos processos e identificar suas principais fontes de variabilidade. De acordo com Marcus Vinicius Rodrigues (2014), o Six Sigma pode ser compreendido como uma estratégia de gestão voltada à melhoria do desempenho organizacional por meio da análise sistemática de processos e da redução da ocorrência de defeitos. A metodologia busca alcançar níveis elevados de qualidade, promovendo melhorias que resultem em maior eficiência operacional e redução de desperdícios. O termo “seis sigma” refere-se a um nível de desempenho no qual os processos apresentam uma taxa extremamente baixa de falhas.

Segundo Alan Larson (2003), uma das principais características do Six Sigma é sua capacidade de transformar conceitos estatísticos complexos em ferramentas práticas de gestão. Dessa forma, a metodologia permite que profissionais de diferentes áreas participem de projetos de melhoria, contribuindo para a identificação de problemas e para o desenvolvimento de soluções baseadas em evidências.

2.4. MÉTODO DMAIC

Para estruturar a aplicação do Six Sigma nos projetos de melhoria, utiliza-se frequentemente o DMAIC, modelo que organiza o processo de melhoria em cinco etapas principais: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Essa metodologia fornece uma estrutura sistemática para a condução de projetos voltados à melhoria da qualidade e à redução da variabilidade dos processos (WERKEMA, 2011; RODRIGUES, 2013).

A etapa Definir tem como objetivo delimitar claramente o problema a ser tratado, estabelecer metas e identificar os requisitos dos clientes ou das partes interessadas. Essa fase é fundamental para garantir que o projeto de melhoria esteja alinhado com as necessidades da organização (RODRIGUES, 2013). Na etapa Medir, são coletadas informações sobre o desempenho atual do processo. Esses dados permitem compreender como o processo opera e identificar possíveis pontos de variação ou falhas. A coleta e análise adequada dos dados é essencial para garantir que as decisões tomadas ao longo do projeto sejam baseadas em evidências e não apenas em percepções ou suposições (MONTGOMERY, 2020). A fase Analisar consiste na investigação das causas que originam os problemas identificados. Nessa etapa são frequentemente utilizadas ferramentas de análise de processos e métodos estatísticos que permitem identificar as causas raízes das falhas. Na etapa Melhorar, são desenvolvidas e implementadas soluções voltadas à eliminação das causas identificadas. Essas soluções podem envolver alterações em procedimentos operacionais, mudanças no fluxo de trabalho ou ajustes em parâmetros do processo. Por fim, a etapa Controlar busca garantir que as melhorias implementadas sejam mantidas ao longo do tempo. Para isso, são estabelecidos mecanismos de monitoramento e controle que permitam acompanhar o desempenho do processo e evitar o retorno das falhas, assegurando a estabilidade das melhorias alcançadas (WERKEMA, 2011; RODRIGUES, 2013).

2.4.1. APLICAÇÕES NA MANUFATURA

A utilização de metodologias de melhoria de processos tem se mostrado particularmente relevante no contexto da manufatura, onde a eficiência das operações e o controle da variabilidade são fatores decisivos para o desempenho organizacional.

Conforme destaca Christoph Roser (2016), a história da manufatura é marcada pela busca contínua por processos produtivos mais rápidos, eficientes e confiáveis.

Ao longo do desenvolvimento industrial, diferentes abordagens foram utilizadas com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir desperdícios. Nesse cenário, metodologias de melhoria contínua como o PDCA e abordagens estruturadas como o Six Sigma tornaram-se ferramentas importantes para o aprimoramento dos processos produtivos. A aplicação dessas metodologias permite que as organizações analisem seus processos de forma sistemática, identifiquem falhas e implementem melhorias baseadas em dados. Como resultado, torna-se possível reduzir custos operacionais, aumentar a eficiência das operações e melhorar a qualidade dos produtos fabricados.

Diversos estudos demonstram a eficácia da aplicação do Six Sigma em processos industriais. Pesquisas indicam que a utilização do método DMAIC possibilita identificar causas de falhas, reduzir desperdícios e melhorar o desempenho operacional das organizações. Em um estudo de caso realizado em uma indústria automotiva, Luana Carla Silva, Maria Célia Oliveira e Fernando Aparecido Silva (2017) demonstraram que a aplicação estruturada das etapas do DMAIC, associada ao uso de ferramentas da qualidade como o Diagrama de Ishikawa e a análise de Pareto, permitiu identificar as principais causas de defeitos em um processo produtivo, contribuindo para a melhoria da qualidade e redução de retrabalhos.

De forma semelhante, o estudo conduzido por Silva et al. (2020), aplicado em uma indústria do setor alimentício, evidenciou que a implementação da metodologia Six Sigma proporcionou melhorias significativas no controle do processo produtivo, possibilitando a redução da variabilidade e o aumento da confiabilidade dos produtos fabricados. Os autores destacam que a utilização de ferramentas estatísticas e de análise de processos contribuiu para uma compreensão mais detalhada das causas das não conformidades.

Além disso, pesquisas voltadas à análise estratégica da metodologia indicam que o Six Sigma pode gerar impactos positivos não apenas na qualidade dos processos, mas também na competitividade organizacional. Nesse sentido, o estudo realizado por Adriana Barbosa Santos e Manoel Fernando Martins (2010) analisou a aplicação do Six Sigma em empresas multinacionais atuantes no Brasil, demonstrando que a metodologia contribui para a estruturação de programas de melhoria contínua e para o desenvolvimento de competências internas voltadas à gestão da qualidade.

2.5. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, é uma ferramenta da qualidade utilizada para identificar, organizar e analisar possíveis causas de um problema específico. Desenvolvido por Kaoru Ishikawa na década de 1960, o método tem como finalidade estruturar o raciocínio da equipe na busca pelas causas fundamentais de não conformidades em processos produtivos.

Montgomery (2019) destaca que o Diagrama de Ishikawa é amplamente utilizado em programas de melhoria da qualidade por favorecer a identificação estruturada das fontes de variabilidade do processo. A ferramenta contribui para a investigação das causas raízes antes da implementação de ações corretivas, reduzindo a probabilidade de soluções inadequadas ou paliativas.

Tradicionalmente, as causas são organizadas em categorias conhecidas como os “6M”: Método, Máquina, Mão de obra, Material, Medição e Meio ambiente. Essa classificação facilita a análise multidimensional do problema, especialmente em ambientes industriais complexos, nos quais muitas variáveis influenciam o desempenho do processo.

De acordo com Werkema (2012), o uso do Diagrama de Ishikawa em conjunto com o DMAIC, contribui para aumentar a assertividade na identificação das causas fundamentais, favorecendo a implementação de ações eficazes e sustentáveis. Assim, a ferramenta constitui importante suporte para a tomada de decisão baseada em fatos e dados.

No contexto do projeto de melhoria relacionado à redução das rejeições de chapas pré-pintadas (CPP) por falhas na aplicação do filme protetivo, o Diagrama de Ishikawa pode ser utilizado para analisar de forma estruturada as possíveis causas das não conformidades observadas no processo. A ferramenta possibilita organizar e visualizar os fatores que podem estar contribuindo para problemas como má aderência do filme, formação de bolhas, enrugamento ou contaminações superficiais.

Na categoria “Máquina”, podem ser investigados aspectos como regulação inadequada da pressão dos rolos aplicadores, posição e curvatura inadequada do rolo e desgaste de componentes. Em “Método”, podem ser avaliados parâmetros

operacionais, cálculo da centralização não adequado, falta de padronização de descarte de trechos defeituosos e manutenção da bobina. Na categoria “Material”, devem ser considerados fatores como qualidade do filme protetivo, variações no lote do material e falta de bobinas de filme para todas as larguras. Em “Mão de obra”, pode-se analisar o nível de treinamento dos operadores, padronização das atividades e aderência aos procedimentos operacionais. Já em “Medição”, avalia-se a falta de detecção dos problemas gerados pelos fornecedores. Por fim, em “Meio ambiente”, avalia o fluxo de ar durante a aplicação do filme.

A análise detalhada das causas dentro de cada categoria permite aprofundar a investigação e identificar as causas fundamentais responsáveis pela variabilidade do processo. Dessa forma, o Diagrama de Ishikawa contribui para priorização das causas mais críticas e direcionamento assertivo das ações corretivas, favorecendo maior estabilidade e redução das rejeições de CPP.

2.6. 5 PORQUÊS

O método dos 5 Porquês é uma técnica de análise de causa raiz utilizada para identificar a origem fundamental de um problema por meio de questionamentos sucessivos. A ferramenta foi desenvolvida no contexto do Sistema Toyota de Produção e baseia-se no princípio de que, ao questionar repetidamente o motivo da ocorrência de uma falha, torna-se possível ultrapassar os sintomas superficiais e alcançar sua causa primária.

Segundo Ohno (1997), um dos principais idealizadores do Sistema Toyota de Produção, a repetição do questionamento “por quê?” permite aprofundar a investigação até que se identifique a causa raiz do problema, possibilitando a implementação de soluções definitivas em vez de ações corretivas temporárias. O autor enfatiza que a simplicidade do método não reduz sua eficácia, desde que seja aplicado com disciplina e fundamentado em fatos. Na figura 1 é ilustrado um modelo de “cinco porquês” da investigação de causas

FIGURA 1 – Exemplo de “cinco porquês”

Nível do problema	Nível correspondente da contramedida
Há uma poça de óleo no chão da fábrica	Limpar o óleo
Porque a máquina está vazando	Consertar a máquina
Porque a vedação está gasta	Substituir a vedação
Porque compramos vedações de material inferior	Mudar as especificações das vedações
Porque conseguimos um bom negócio (preço) com essas vedações	Mudar as políticas de compra
Porque o comprador é avaliado segundo a economia de custos a curto prazo	Mudar a política de avaliação dos compradores

Fonte: Liker (2022, p. 240) com base em Scholtes (1998).

Liker (2022) reforça que o método dos 5 Porquês constitui prática essencial para a cultura de melhoria contínua, pois estimula a análise crítica e evita decisões baseadas em suposições. Ao direcionar a investigação para processos e sistemas, a ferramenta contribui para a prevenção da recorrência de falhas.

No contexto industrial, o método é frequentemente utilizado em conjunto com outras ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, servindo como complemento para aprofundar a análise das causas previamente identificadas. Dessa forma, o método dos 5 Porquês apresenta-se como instrumento eficaz para investigação estruturada de problemas, contribuindo para redução da variabilidade, eliminação de não conformidades e fortalecimento da estabilidade dos processos produtivos.

2.7. SIPOC

A ferramenta SIPOC é utilizada para mapear processos de forma macro, permitindo a visualização estruturada dos principais elementos envolvidos em sua execução. O termo SIPOC é constituído pelas iniciais das palavras em inglês: *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Saídas) e *Customers*

(Clientes). Seu objetivo é fornecer uma visão geral do processo antes do aprofundamento analítico, delimitando claramente seu escopo e suas interfaces.

Segundo Werkema (2012), o SIPOC é amplamente empregado na fase “Definir” do método DMAIC, pois auxilia na compreensão do processo sob análise facilitando na visualização do escopo do projeto de melhoria. A ferramenta possibilita visualizar quem fornece as entradas, quais são os insumos críticos, como o processo se desenvolve em nível macro, quais resultados são gerados e quem são os clientes impactados.

Além disso, Montgomery (2019) ressalta que a definição clara do processo é etapa essencial em projetos de melhoria, pois a ausência de definição do escopo adequada pode comprometer a coleta de dados e a análise das causas de variabilidade. Nesse sentido, o SIPOC auxilia na organização inicial das informações, servindo como base para etapas posteriores de mensuração e investigação.

A ferramenta, portanto, representa etapa fundamental para estruturação de projetos de melhoria orientados por dados.

2.8. 5W2H

A ferramenta 5W2H é utilizada em projetos de melhoria de processos e na gestão da qualidade como um instrumento de planejamento e organização das ações necessárias para solucionar problemas ou implementar melhorias. Seu nome deriva das iniciais de sete perguntas fundamentais em inglês: What (o que será feito), Why (por que será feito), Where (onde será feito), When (quando será feito), Who (quem será responsável), How (como será feito) e How much (quanto custará). Essas perguntas auxiliam na definição clara das atividades, responsabilidades e prazos envolvidos na execução de um plano de ação.

De acordo com Cristina Werkema, ferramentas estruturadas de planejamento, como o 5W2H, contribuem para a organização e o acompanhamento das ações necessárias para a implementação de melhorias em processos produtivos, garantindo maior clareza na definição das responsabilidades e no monitoramento das atividades propostas (WERKEMA, 2011). Nesse sentido, o 5W2H é frequentemente utilizado como complemento de metodologias de melhoria contínua, como o Six Sigma e o DMAIC, especialmente na etapa de implementação das ações de melhoria.

No contexto industrial, a aplicação do 5W2H favorece maior organização e controle na implementação de melhorias de processo, especialmente quando múltiplas

áreas estão envolvidas. A definição clara de responsáveis e prazos contribui para aumentar a disciplina operacional e reduzir a probabilidade de reincidência das falhas. Assim, o 5W2H constitui ferramenta complementar às metodologias de análise de causa raiz, assegurando que as ações propostas sejam estruturadas de forma objetiva, mensurável e alinhada aos resultados esperados pela organização.

2.9. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

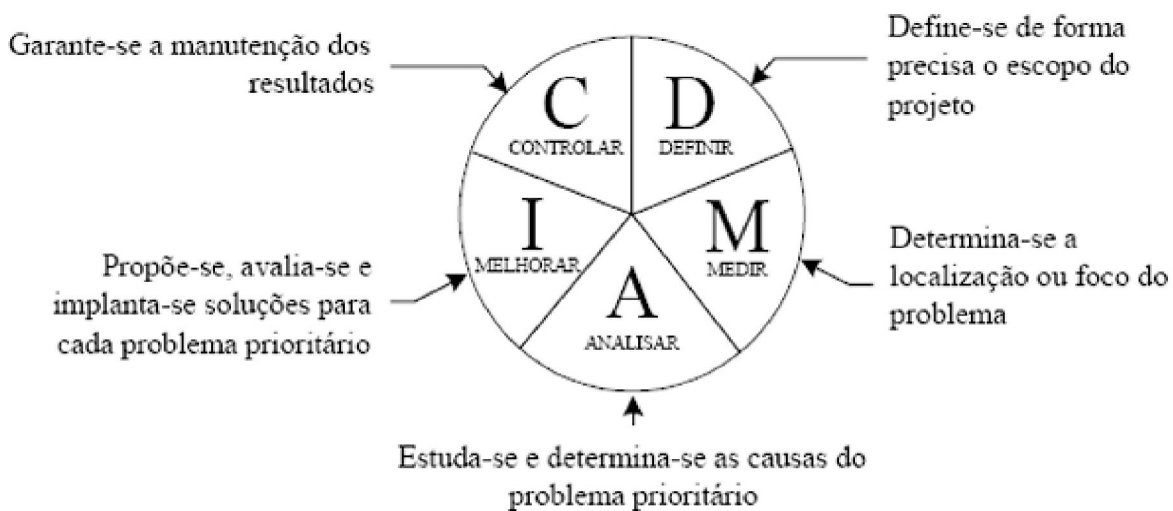
A estatística descritiva é o campo da estatística que se preocupa em organizar, resumir e descrever conjuntos de dados, permitindo uma melhor compreensão das informações obtidas. Para isso são utilizadas as medidas de tendência central, que tem objetivo de identificar um ponto de equilíbrio/centro no conjunto de dados, dentre as medidas de tendência pode-se destacar a média (sendo o valor resultante da soma de todas as medições em relação ao número de medições), a mediana (sendo o valor central quando os dados são ordenados de forma crescente) e a moda (sendo o resultado que mais se repete no conjunto de dados). Além das medidas de tendência central, na estatística descritiva também são utilizadas as medidas de dispersão, que tem por objetivo mostrar o quanto os dados estão espalhados ao redor deste centro definido, ou seja, indicam a variabilidade no conjunto de dados. Para avaliar essa dispersão, são utilizadas medidas como por exemplo a amplitude (Diferença entre o maior e o menor valor) e o desvio padrão (indica o quão distantes, em média, estão os resultados em relação ao valor médio). Outra ferramenta amplamente utilizada na análise estatística são as representações gráficas, as quais ajudam a traduzir os dados em representações visuais, fornecendo uma observação mais clara e intuitiva. Entre essas representações, pode-se citar de exemplo o gráfico boxplot que é uma representação para a dispersão dos dados, organizado a partir de quartis permitindo identificar a mediana, a dispersão dos valores e a possível presença de outliers.

Nesse contexto, a estatística constitui uma ferramenta fundamental para a aplicação da metodologia DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve e Control), amplamente utilizada em projetos de melhoria de processos. As técnicas estatísticas são especialmente empregadas nas fases Measure (Medir) e Analyze (Analisar), nas quais os dados são coletados, organizados e avaliados para identificar causas de variabilidade e oportunidades de melhoria.

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada, com abordagem quantitativa, classificada como estudo de caso, conduzida por meio da metodologia Lean Six Sigma, utilizando o ciclo DMAIC como estrutura de desenvolvimento do projeto, conforme etapas demonstradas na figura 2.

FIGURA 2: CICLO DMAIC



Fonte: Werkema (2006).

3.1. METODOLOGIA DMAIC

3.1.1. FASE DEFINIR

Na fase de definição, estabeleceu-se o problema a ser investigado. A oportunidade identificada no projeto foi o elevado índice de não conformidade dos materiais, decorrente de defeitos gerados durante a aplicação do filme protetivo.

A formalização da situação-problema ocorreu por meio de observação direta do processo produtivo, análise preliminar dos indicadores internos de desvio e alinhamento com os objetivos estratégicos da organização, conforme registrado no Project Charter.

A métrica do projeto foi definida como o índice (%) de peças de CPP – Chapa Pré-Pintada rejeitadas devido a defeitos na aplicação do filme protetivo. O cálculo é realizado conforme a Equação 1.

Equação 1 – Índice de rejeitos

Índice de rejeitos = Volume (ton) de CPP com defeito no filme / Volume (ton) de CPP produzido.

Os defeitos observados são registrados pela operação em sistema informatizado, permitindo posterior rastreabilidade. A confiabilidade do sistema de medição foi assegurada por meio do estudo de MSA “MSA 501 – detecção visual de superfície por atributo”.

Como base para o projeto, foram avaliados dados históricos referentes a um período de 24 meses, com o objetivo de estabelecer a linha de base do processo e avaliar seu comportamento ao longo do tempo. Os resultados dessa análise são apresentados na seção de Resultados.

Após a consolidação da definição do problema, foi estabelecida a meta do projeto, definida como a redução de 30% no índice de rejeição de CPP devido a defeitos durante a aplicação do filme protetivo, até 30/11/2025.

3.1.2. FASE MEDIR

A fase de mensuração teve como objetivo quantificar o desempenho atual do processo e estabelecer a linha de base da métrica definida na fase anterior.

Foram utilizados dados históricos registrados em sistema corporativo com confiabilidade na medição, considerando rejeições classificadas como defeitos na aplicação de filme protetivo em CPP. O período analisado compreendeu 24 meses consecutivos e a partir dos dados, foi possível realizar análises aplicando técnicas de estatística descritiva e realizar estratificações do problema por tipo de defeito, local de aplicação do filme, turno e data de aplicação e largura do material. O que possibilitou direcionamento e a implementação da meta específica.

Os resultados obtidos nesta etapa são apresentados no Capítulo 4.

3.1.3. FASE ANALISAR

A fase de análise teve como objetivo identificar e validar as causas potenciais responsáveis pelo desempenho insatisfatório da métrica estabelecida na fase de definição.

Inicialmente, foi realizado a identificação do processo gerador do problema e seu mapeamento através do SIPOC. Para o levantamento das possíveis causas, foi

conduzida sessão de brainstorming com equipe multidisciplinar, contemplando colaboradores do processo envolvido, com as habilidades de processo operacional, manutenção, automação e qualidade. Além disso, foi realizado um questionário com a operação, onde puderam compartilhar seus pontos de vista em relação ao problema abordado, foram realizados levantamentos e análises de histórico de reclamação de clientes, histórico de reclamação de fornecedores, quadros operacionais e suas alterações, histórico e avaliação da automação do processo e realizado acompanhamento de produções aleatórias.

As causas levantadas foram organizadas por meio do Diagrama de Ishikawa, considerando as categorias Método, Máquina, Material, Mão de Obra, Meio Ambiente e Medição. Posteriormente, foi realizada a validação de cada causa inicialmente mapeada, ficando o Ishikawa apenas com as causas validadas para o modo de falha observado. Para cada uma delas foi utilizado ferramentas auxiliares para obtenção da causa raiz, como por exemplo a ferramenta “5 porquês”.

Após a obtenção das causas raízes do problema, foi realizada a priorização das causas a partir de matriz de impacto x esforço. As causas que foram priorizadas, tiveram a relação com a incidência do problema comprovada a partir de simulação no processo.

Os resultados obtidos na validação das causas potenciais são apresentados no Capítulo 4.

3.1.4. FASE MELHORAR

A fase de melhoria teve como objetivo desenvolver, testar e implementar soluções capazes de atuar sobre as causas raiz validadas na etapa anterior, visando à redução do índice de rejeição de CPP por defeitos na aplicação do filme protetivo.

Inicialmente, mediante novo braimstorm com a equipe do projeto, foram conduzidas sessões estruturadas de geração de ideias com a equipe multidisciplinar, com o intuito de propor ações corretivas direcionadas às variáveis críticas identificadas, onde, a partir das ideias levantadas foi preenchido um 5W2H inicial.

As propostas de melhoria tiveram os riscos avaliados e a partir dessas avaliações foram incluídas ações de mitigação dos riscos observados, a fim de possibilitar a implementação da solução proposta. Para as ações selecionadas, foi

elaborado plano de implementação utilizando a ferramenta 5W2H, definindo responsabilidades, prazos e recursos necessários.

Sempre que aplicável, as melhorias foram inicialmente validadas por meio de testes piloto controlados, com monitoramento da métrica definida na fase Define, a fim de verificar sua efetividade antes da implementação definitiva.

Foi realizada uma validação preliminar da viabilidade de implementação em escala industrial e após a validação preliminar, as ações foram implementadas no processo produtivo conforme planejamento estabelecido.

Os resultados obtidos nesta etapa estão demonstrados no capítulo 4.

3.1.5. FASE CONTROLAR

A fase de controle teve como objetivo assegurar a sustentação das melhorias implementadas e avaliar a eficácia delas quanto solução para o problema, prevenindo o retorno das causas identificadas e garantindo a estabilidade do processo ao longo do tempo.

Foram revisados e padronizados os procedimentos operacionais relacionados à aplicação do filme protetivo, com atualização das instruções de trabalho e treinamento dos operadores envolvidos.

Adicionalmente, foram definidos indicadores de acompanhamento periódico, integrados à rotina de gestão da área, visando garantir a continuidade dos resultados obtidos. A verificação do desempenho do processo após a implementação das ações é apresentada no Capítulo 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO

4.1. RESULTADOS FASE DEFINIR

Durante a etapa DEFINIR, foram avaliados os dados de rejeição de CPP devido incidência de defeitos durante aplicação de filme protetivo dos últimos 24 meses, onde, o índice de não conformidade médio nos últimos 24 meses foi de 1,67%, estando em um patamar superior ao esperado, impactando nos resultados da organização e, além disso, os valores relativos apresentam uma grande variabilidade entre os meses, com desvio padrão de 0,53%.

Observa-se que, em valores absolutos, em 2024 a média mensal de rejeição foi de em 71 toneladas, o que representa um aumento em relação à média mensal de 2023 que foi de 61 toneladas, conforme gráfico 1. Em valores relativos, conforme mostra o gráfico 2, observa-se uma leve melhora quando comparado 2023 (1,71% de rejeito) com 2024 (1,63% de rejeito), contudo, ressalta-se que apesar da média anual se apresentar de forma relativamente estável, ela se encontra em um patamar superior ao esperado, impactando nos resultados da organização. Além disso, os valores relativos apresentam uma grande variabilidade entre os meses. Em 2023 observou-se um coeficiente de variação de 28,06% e em 2024 um coeficiente de variação de 37,49%, indicando instabilidade significativa dos dados. Adicionalmente, destaca-se que a maior variação relativa foi observada no mês de março/2024 (3,28%) e a menor foi constatada em outubro/2024 (0,74%), o que reitera a referida variabilidade.

FIGURA 3: Gráfico valores absolutos de rejeição de material CPP devido defeitos durante aplicação de filme



Fonte: Os autores, 2026

FIGURA 4: Gráfico de valores relativos de rejeição de material CPP devido defeitos durante aplicação de filme



Fonte: Os autores, 2026

A confiabilidade dos dados foi garantida a partir do estudo “MSA 501 – detecção visual de superfície por atributo”, onde os resultados podem ser observados na figura abaixo:

FIGURA 5: Estudo de MSA para detecção de defeitos superficiais

CSN																			
Método da Tabulação Cruzada (Kappa) - Planilha Padrão																			
Estudo de MSA para Sistema de Medição por Atributo - Inspeção Visual de Superfície - CS																			
Valor de Kappa Op. x Op.						Valor de Kappa Op. x Referência													
Op. B						REF.													
0						1													
Total						Total													
Op. A	0	Contagem	54	1	55	Op. A	0	Contagem	54	1	55								
		Esperado	28,80952381	26,190478	55			Esperado	28,28571	26,71429	55								
Op. A	1	Contagem	1	49	50	Op. A	1	Contagem	0	50	50								
		Esperado	26,19047819	23,809524	50			Esperado	25,71429	24,28571	50								
Total		Contagem	55	50	105	Total		Contagem	54	51	105								
Total		Esperado	55	50	105	Total		Esperado	54	51	105								
P0	0,981	Pe	0,501133787			Kappa	0,981			P0	0,990	Pe	0,50068			Kappa	0,981		
Op. C						REF.													
0						1													
Total						Total													
Op. A	0	Contagem	54	1	55	Op. B	0	Contagem	54	0	54								
		Esperado	28,28571429	26,714288	55			Esperado	28,28571	26,71429	55								
Op. A	1	Contagem	0	50	50	Op. B	1	Contagem	0	50	50								
		Esperado	25,71428571	24,285714	50			Esperado	25,71429	24,28571	50								
Total		Contagem	54	51	105	Total		Contagem	54	51	105								
Total		Esperado	54	51	105	Total		Esperado	54	51	105								
P0	0,990	Pe	0,500680272			Kappa	0,981			P0	0,990	Pe	0,50068			Kappa	0,981		
Op. C						REF.													
0						1													
Total						Total													
Op. B	0	Contagem	54	1	55	Op. C	0	Contagem	54	0	54								
		Esperado	28,28571429	26,714288	55			Esperado	27,77143	26,22857	54								
Op. B	1	Contagem	0	50	50	Op. C	1	Contagem	0	51	51								
		Esperado	25,71428571	24,285714	50			Esperado	26,22857	24,77143	51								
Total		Contagem	54	51	105	Total		Contagem	54	51	105								
Total		Esperado	54	51	105	Total		Esperado	54	51	105								
P0	0,990	Pe	0,500680272			Kappa	0,981			P0	1,000	Pe	0,500408			Kappa	1,000		
Cálculo da Concordância																			
Avaliador			Avaliador x Referência			Sistema x Referência			Cálculos e critérios no manual MSA 4ª Edição, páginas 133 à 141.										
A	B	C	A	B	C	A	B	C											
Total	35	35	35	35	35	35	35	35											
OK	34	34	35	34	34	35	35	33											
Eficiência	97,14288	97,142857	100	97,142857	97,142857	100	94,28571429												
Cálculo da Porcentagem de Falso alarme				Cálculo da Porcentagem de Erro				Observações:											
Avaliador			Avaliador																
A	B	C	A	B	C														
Total OK	51	51	51	Total NOK	54	54	54												
NOK	1	1	0	OK	0	0	0												
	2,0	2,0	0,0		0,0	0,0	0,0												
Critério																			
Kappa						Decisão - Conforme Manual do MSA 4ª Edição													
Aceitação						Concordância		Taxa de Falso Alarme		Taxa de Erro									
						Aceitável >=90%		Aceitável <=5%		Aceitável <=2%									
Kappa =1		Excelente		Aceitável c/restricção >= 80%		Aceitável c/restricção <= 10%		Aceitável c/restricção <= 5%											
Kappa > 0.75		Aprovado		Inaceitável < 80%		Inaceitável > 10%		Inaceitável >5%											
0.75 > Kappa > 0.4		Aprovado c/restricção																	
Kappa < 0,4		Reprovado																	
Análise Crítica:																			
A concordância foi maior do que 90%; logo o sistema é considerado aceitável.																			
O falso alarme variou de 0 a 2,0%; portanto ele é classificado como aceitável.																			
O erro calculado foi de 0 %; portanto ele é classificado como aceitável.																			
O Kappa variou acima de 0,9, portanto ele é classificado como aceitável.																			

Fonte: Os autores, 2025

Nesta fase, também foram estimados o saving do projeto, na ordem de 1,5M reais e os ganhos diretos e indiretos, como:

- Aumento de 0,5% na produção de material chapa de primeira qualidade, melhorando a capacidade de entrega
- Redução na ocupação dos estoques de produto acabado com material segunda qualidade
- Redução no desperdício de insumos (sendo os insumos a parcela referente a 12% do custo de fabricação)
- Aumento na capacidade de entrega de material
- Otimização de processo/Desenvolvimento de pessoas
- Aumento na satisfação dos clientes

Com base no alto volume de material rejeitado e dos impactos gerados na entrega e custos, o projeto foi de extrema importância e está alinhado com as metas estratégicas da empresa. Além disso, o sucesso do projeto trará um saving considerável para a companhia.

4.1.1. CRONOGRAMA

O cronograma definido para o desenvolvimento do projeto foi previamente discutido com os integrantes da equipe e com as partes interessadas da empresa. O planejamento das etapas encontra-se apresentado no quadro abaixo.

QUADRO 1: Cronograma para o desenvolvimento do projeto DMAIC

ETAPA DEFINE	01/01/2025 a 15/01/2025
ETAPA MEASURE	16/01/2025 a 30/01/2025
ETAPA ANALYSE	01/02/2025 a 12/05/2025
ETAPA IMPROVE	13/05/2025 a 31/08/2025
ETAPA CONTROL	01/09/2025 a 30/11/2025

Fonte: Os autores, 2025

4.2. RESULTADOS FASE MEDIR

Nesta etapa, os dados foram estratificados por tipo de defeito, local de aplicação do filme, turno e data de aplicação e largura do material, com objetivo de identificar os principais direcionadores do problema.

Os defeitos que podem ser gerados durante a aplicação de filme são: KF – SEM FILME, KK – FILME MAL APLICADO, KN – REVUO INCORRETO, KD- VESTIGIO DE COLA e HD – VINCO NO FILME. Abaixo, seguem alguns exemplos que ilustram alguns dos defeitos citados.

FIGURA 6: Defeito HD – vinco no filme



Fonte: Os autores, 2026

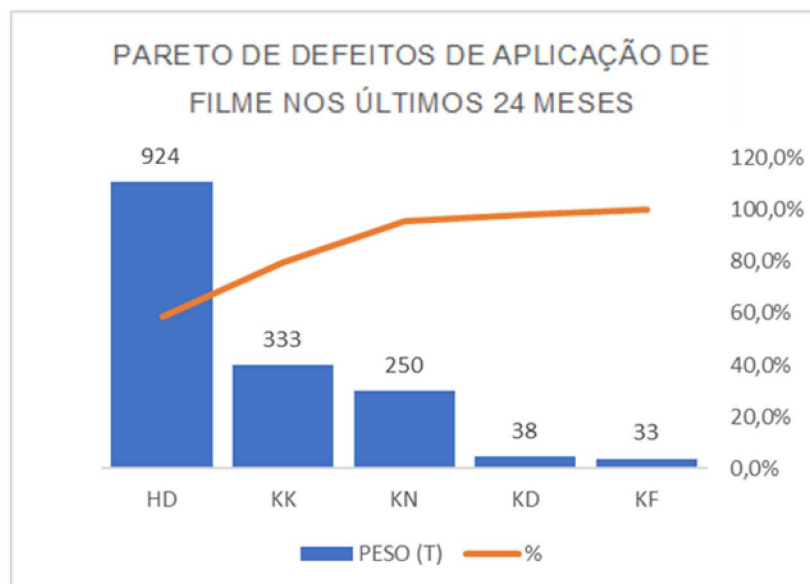
FIGURA 7: Filme mal aplicado – KK



Fonte: Os autores, 2025

Em relação aos tipos de defeito, foi possível observar que o defeito de vinco no filme é o estrato mais significativo, sendo responsável por aproximadamente 60% das falhas totais por defeitos de aplicação de filme, conforme mostra a figura 8.

FIGURA 8: Gráfico de estratificação por tipo de defeito



Fonte: Os autores, 2025

Para o defeito de vinco no filme, foi realizada estratificação do local de aplicação, onde de todo o volume dos materiais rejeitados devido incidência de HD,

92% do volume teve aplicação de filme realizada na LPC – Linha de Pintura Contínua, evidenciando que este local é o principal foco de atuação do projeto.

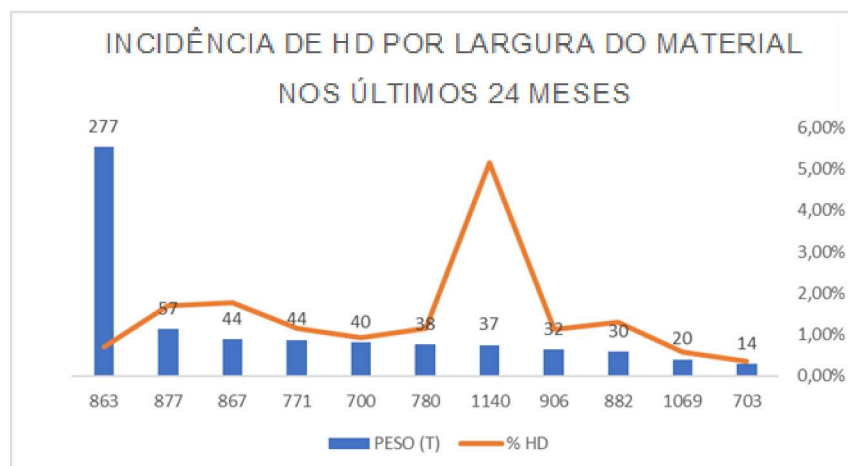
Outro fator de estratificação que foi analisado com base nos resultados dos últimos 24 meses foi o turno de aplicação do filme, com resultados conforme abaixo:

- Turno A: média de 0,51% | desvio padrão 0,44%
- Turno B: média de 0,65% | desvio padrão 0,57%
- Turno C: média de 0,52% | desvio padrão 0,35%
- Turno D: média de 0,64% | desvio padrão 0,58%

Os turnos B e D apresentaram médias ligeiramente superiores e maior variabilidade. Observou-se ainda que o pico de maior índice de rejeição ocorreu simultaneamente em todos os turnos, indicando possível causa sistêmica.

Foi realizado também, a identificação de incidência de vinco no filme por largura de material, tanto em valores absolutos quanto em valores relativos, onde percebe-se a largura 863mm sendo mais significativa em volume absoluto e a largura 1140mm sendo a mais significativa em valores relativos. Adicionalmente, é válido reforçar que a largura 1140mm é a única que precisa ter o filme slitado antes da aplicação. Os valores do levantamento dos últimos 24 meses distribuído por largura esta demonstrado na figura 9.

FIGURA 9: Gráfico de valores absolutos e relativos de rejeição de HD em CPP distribuído por largura de material

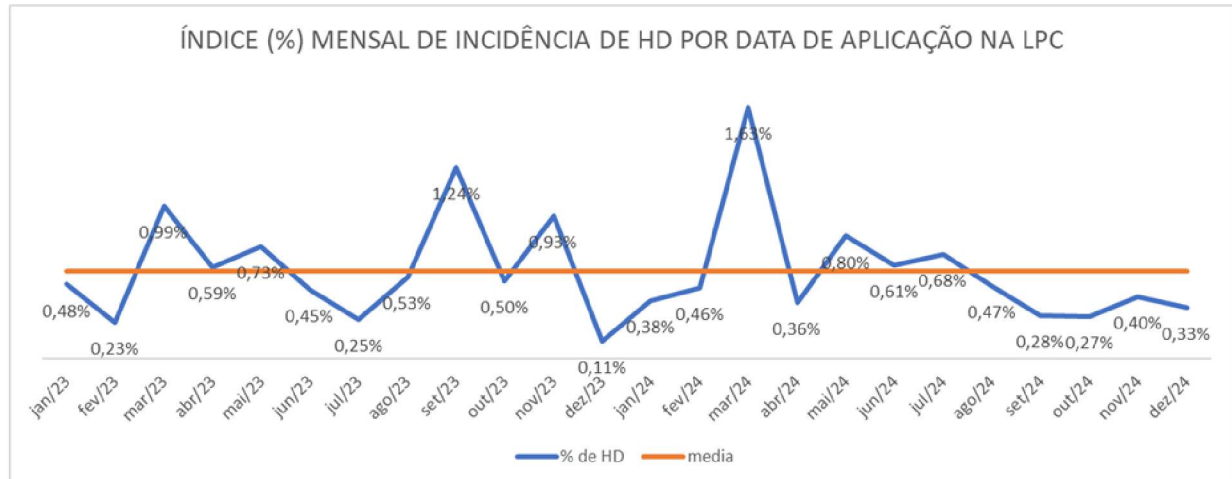


Fonte: Os autores, 2025.

Além dos fatores de estratificação, foram compilados os dados de reclamação dos fornecedores de filme, onde nos últimos 24 meses foram registradas 10 reclamações, sendo 5 para cada fornecedor. Dessas 10, 3 delas foram devidos problemas de HD - vinco no filme já evidenciado na bobina de filme fornecida.

Avaliando a incidência de HD em filmes aplicados na LPC ao longo do tempo, conforme mostra o gráfico da figura 11, tem-se que o índice (%) de rejeição varia entre 0,11% (dez/23) e 1,63% (mar/24), tendo uma amplitude de 1,52%. A média dos dados é de 0,57% apresentada no gráfico pela linha em laranja e o desvio padrão para os dados é de 0,34%. A avaliação do gráfico sugere que tem-se uma concentração dos valores abaixo da média, porém, alguns casos mais isolados com valores consideravelmente mais altos sendo picos mais relevantes em março/24 - 114 ton no mês e setembro/23 - 48 ton no mês.

FIGURA 10: Gráfico do índice mensal de rejeição por HD em CPP por data de aplicação na LPC

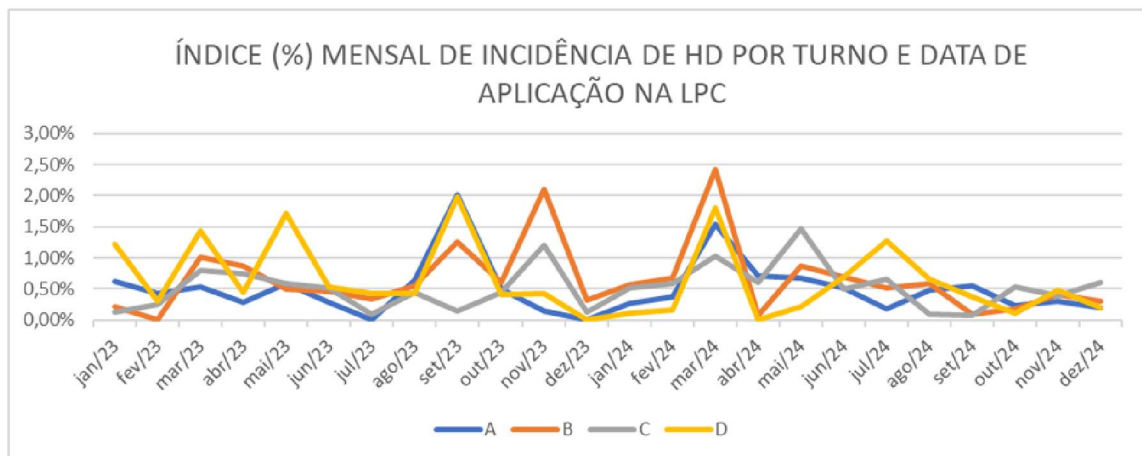


Fonte: Os autores, 2025

Em relação aos valores de índice de rejeição por turno, para o turno A tem-se um valor médio de 0,51% e desvio padrão de 0,44%, o que sugere flutuações significativa ao longo dos meses com valores variando entre 0% e 2,02%. Para o turno B tem-se um valor médio de 0,65% e um desvio padrão de 0,57%, indicando maior variação nos dados do que o turno A, com valores variando entre 0% e 2,41%. Para o turno C tem-se um valor médio de 0,52% e um desvio padrão de 0,35%, indicando

dados mais consistente ao longo do tempo quando comparado com os demais turnos, com valores variando entre 0,08% e 1,47%. Para o turno D tem-se um valor médio de 0,64% e um desvio padrão de 0,58%, o que indica uma variação similar ao turno B, com flutuações ao longo do tempo, com valores variando entre 0% e 1,98%. O pico de maior índice de rejeição se sobrepõe em todos os turnos. As informações apresentadas podem ser visualizadas no gráfico da figura 11.

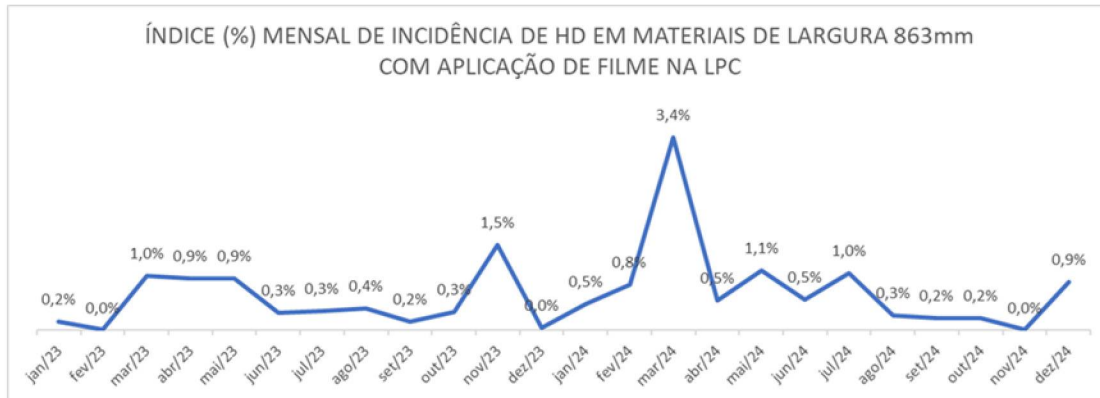
FIGURA 11: Gráfico do índice mensal de rejeição de HD em CPP por data e turno de aplicação na LPC



Fonte: Os autores, 2025

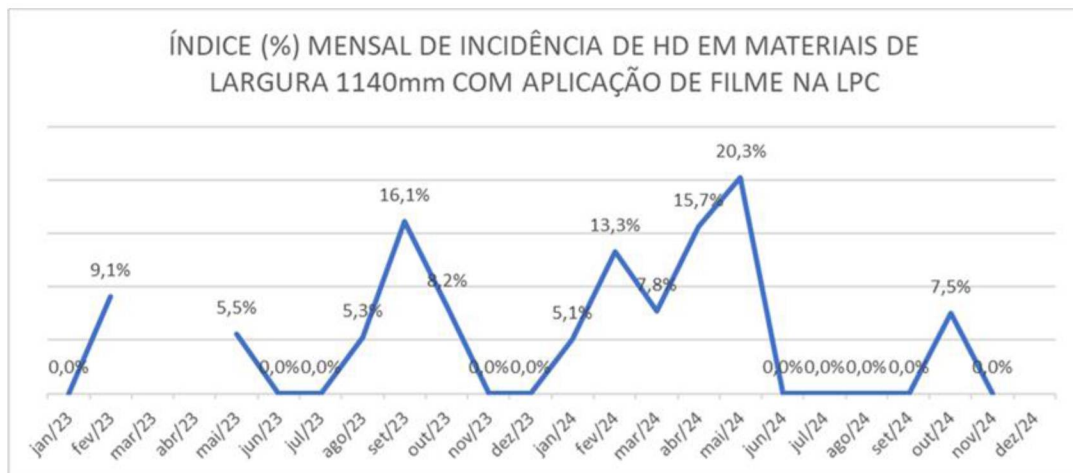
Em relação ao comportamento ao longo do tempo para os estratos significativos de largura, temos que a largura mais significativa em valores absolutos (863mm) tem-se que o valor médio é de 0,64% e o desvio padrão é de 0,70%, com valores variando entre 0% e 3,4%. O pico de 3,4% (78 toneladas) se destaca dos demais e coincide com data de abertura de reclamação ao fornecedor para esta largura de filme devido bobinas de filme com vinco na matéria prima. Avaliando o gráfico, observa-se que no geral os valores se mantêm entre 0 e 1% com valores esporádicos mais altos. Para o estrato mais significativo em valores relativos (1140mm), tem-se que o valor médio é de 5,4% e o desvio padrão é de 6,3%, com valores variando entre 0% e 20,3%. O gráfico indica que tem-se valores mensais de 0% de desvio, porém, para todos os meses em que observa-se um % de rejeição, os valores foram acima de 5,1%. Os dados podem ser observados nos gráficos das figuras 12 e 13 que seguem.

FIGURA 12: Gráfico do índice mensal de incidência de HD em materiais de largura 863mm com aplicação de filme na LPC



Fonte: Os autores, 2025

FIGURA 13: Gráfico do índice mensal de incidência de HD em materiais de largura 1040mm com aplicação de filme na LPC



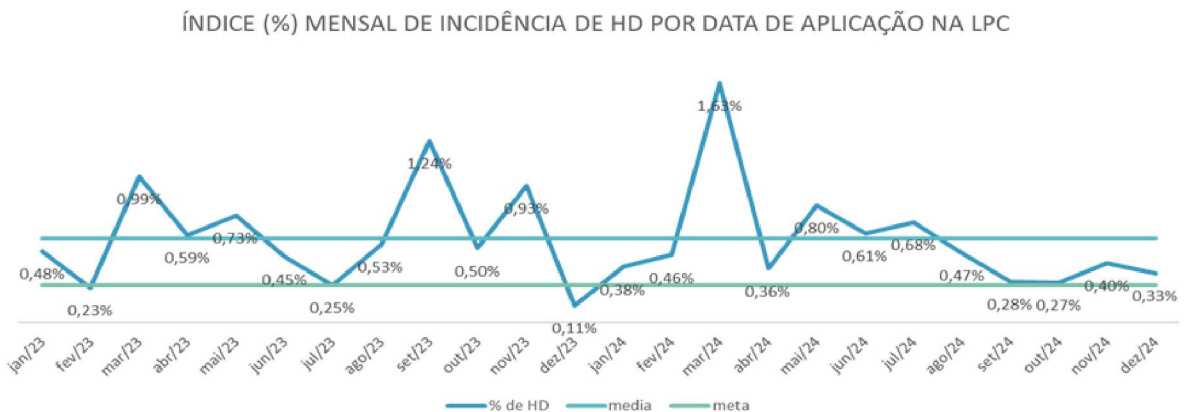
Fonte: Os autores, 2025

Com base nos dados analisados e estratificados, foi possível definir uma meta específica para o projeto, visto que o volume de HD nos últimos 2 anos foi de 924 ton e deste volume, 92% tiveram aplicação de filme na linha de pintura (850 ton). Para atingir a meta do projeto de redução de 30% do volume total (1.578 toneladas), teríamos que reduzir 473,4 toneladas e para chegar nesta meta, seria necessário reduzir 56% do volume de rejeição de CPP com aplicação de filme na LPC ($850 \times 0,56 =$

476 ton. Também foi proposto a redução da variabilidade do índice de rejeição de HD para materiais CPP com filme protetivo aplicado na LPC em 20%

A meta específica esta demonstrada no gráfico abaixo, onde tem-se os valores mensais de rejeição de HD, com valor médio de 0,57% e desvio padrão de 0,34%.

FIGURA 14: Gráfico de representação da média dos índices de rejeição de HD bem como da meta específica definida



Fonte: Os autores, 2025

4.3. RESULTADOS FASE ANALISAR

Nesta etapa foi realizado o mapeamento detalhado do processo foco da geração do problema por meio da ferramenta SIPOC, permitindo a visualização estruturada de fornecedores, entradas, processo, saídas e clientes da LPC – Linha de Pintura Contínua, conforme demonstrado abaixo.

FIGURA 15: SIPOC da LPC – linha de pintura contínua

APLICAÇÃO NA LINHA DE PINTURA				
Fornecedores Suppliers	Insumos Inputs	Processo Process	Produtos Outputs	Consumidores Customers
PCP SUPRIMENTOS RH	ODENS DE PRODUÇÃO BOBINA DE FILME OPERADOR DE PROCESSO	BUSCA DO FILME NO ESTOQUE	BOBINA DE FILME A SER APLICADA AO LADO DO APLICADOR	LINHA DE PINTURA
MANUTENÇÃO SUPRIMENTOS RH	EIXO BOBINA DE FILME OPERADOR DE PROCESSO	COLOCAR BOBINA DE FILME CENTRALIZADA NO EIXO	BOBINA DE FILME CENTRALIZADA NO EIXO	LINHA DE PINTURA
MANUTENÇÃO UTILIDADES RH	EIXO AR COMPRIMIDO OPERADOR DE PROCESSO	EXPANDIR EIXO	BOBINA DE FILME CENTRALIZADA NO EIXO EXPANDIDO	LINHA DE PINTURA
MANUTENÇÃO RH	SISTEMA DE FREIO OPERADOR DE PROCESSO EIXO	ACOPLAR SISTEMA TENSIONADOR	SISTEMA TENSIONADOR ACOPLADO AO EIXO	LINHA DE PINTURA
SUPRIMENTOS MANUTENÇÃO RH	FILME CONJUNTO APLICADOR OPERADOR DE PROCESSO	PASSAR O FILME PELO CONJUNTO APLICADOR	FILME POSICIONADO EM TODO CONJUNTO APLICADOR	LINHA DE PINTURA
MANUTENÇÃO RH	SLITER OPERADOR DE PROCESSO	POSICIONAR A SLITER (SE NECESSÁRIO)	SLITER POSICIONADA NA LARGURA IDEAL	LINHA DE PINTURA
MANUTENÇÃO RH	ROLO APLICADOR OPERADOR DE PROCESSO	ABAIXAR O ROLO APLICADOR PARA INICIAR A APLICAÇÃO	ROLO APLICANDO FILME NA CHAPA	LINHA DE PINTURA
AUTOMAÇÃO MANUTENÇÃO	SISTEMA TENSIONADOR	TENSIONAR O SISTEMA	FILME TENSIONADO	LINHA DE PINTURA
MANUTENÇÃO RH	SLITER OPERADOR DE PROCESSO	ACIONAR A SLITER (SE NECESSÁRIO)	FILME SLITADO NA LARGURA CORRETA	LINHA DE PINTURA
RH	OPERADOR DE PROCESSO	VERIFICAR CENTRALIZAÇÃO	CENTRALIZAÇÃO VERIFICADA	LINHA DE PINTURA
MANUTENÇÃO RH	ACUMULADOR OPERADOR DE PROCESSO	LIGAR O ACUMULADOR DE FILME	ACUMULADOR EM OPERAÇÃO	LINHA DE PINTURA

Fonte: Os autores, 2025

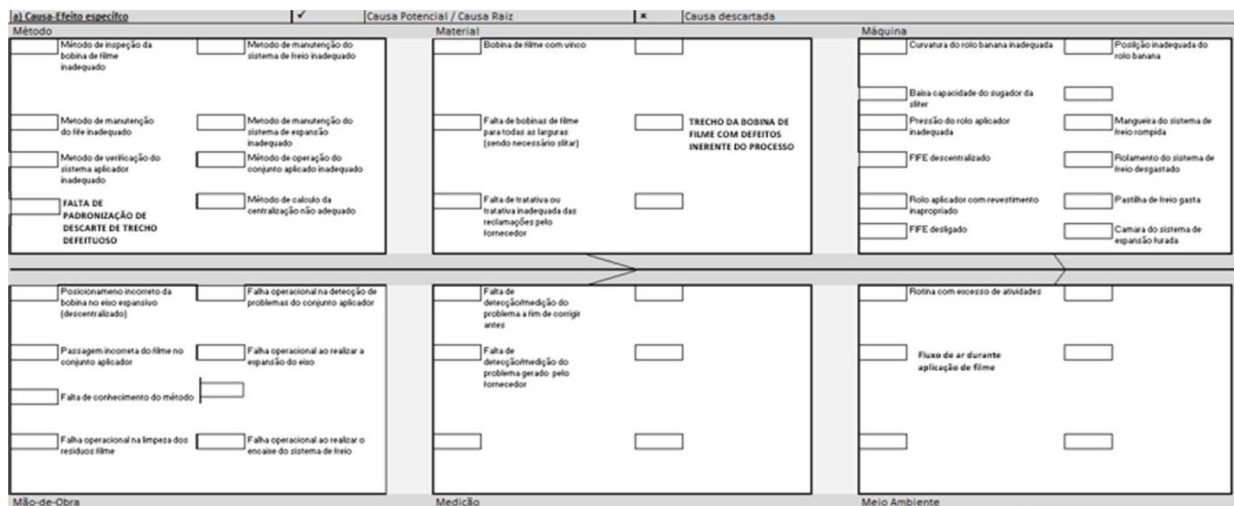
O mapeamento possibilitou compreender os pontos críticos do processo de aplicação de filme e direcionar a investigação das possíveis causas do defeito HD – vinco no filme.

Para a determinação das causas potenciais geradoras do problema, foi realizada a elaboração de um diagrama de causa e efeito (espinha de peixe), onde foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- Questionário FORMS com a operação
- Brainstorm com STAFF LPC
- Histórico de reclamações de cliente anteriores
- Histórico das reclamações de fornecedores
- Avaliação de quadros operacionais
- Acompanhamento de produções
- Avaliação da automação do processo

A partir disso, foram determinadas 34 possíveis causas, que se encontram organizadas no diagrama de causa e efeito conforme 6Ms (máquina, mão de obra, medição, material, método e meio ambiente) na figura 17.

FIGURA 16: Causas mapeadas para o problema de HD durante aplicação de filme na LPC



Fonte: Os autores, 2025

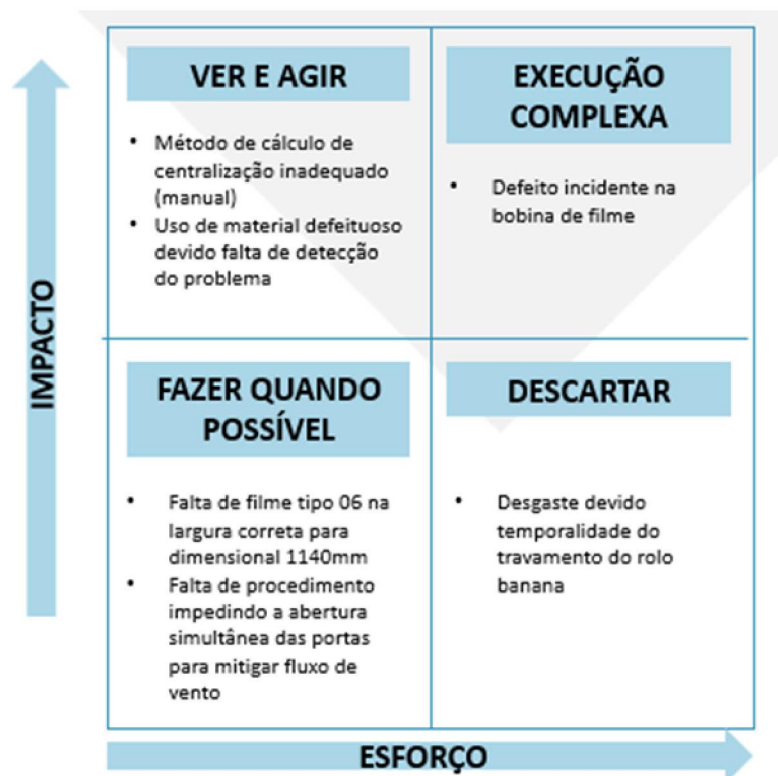
As causas mapeadas foram verificadas e validadas ou não como causa raiz do problema. Para os itens entendidos como causas do problema, foram utilizadas ferramentas como 5 porquês, HERCA e TWTP para determinação das causas raízes do problema e com isso, foi possível determinar 6 causas raízes, sendo elas:

- Defeito incidente na matéria prima (filme)

- Falta de cadastro de filme tipo 06 na largura correta para aplicação no material 1140mm sem necessidade de apara do filme
- Realização manual e repetitiva do cálculo de centralização do eixo de filme possibilitando erro humano
- Falta de detecção do problema ocasionando o uso de matéria prima defeituosa
- Desgaste do rolo banana
- Falta de procedimento impedindo abertura simultânea das portas para mitigar fluxo de ar durante aplicação do filme

As causas foram priorizadas a partir da utilização de matriz de impacto x esforço, para possibilitar direcionamento para os fatores de maior potencial para a redução do defeito. A matriz mostrou destaque para as causas de maior impacto: "Defeito incidente na matéria prima (filme)", "método de cálculo de centralização inadequado (manual e repetitivo)" e "Falta de detecção do problema ocasionando o uso de matéria prima defeituosa".

FIGURA 17: Causas distribuídas na matriz de priorização



Fonte: Os autores, 2025

Com exceção da causa descartada, após aplicação na matriz de priorização, as demais causas foram evidenciadas e tiveram sua correlação com o defeito comprovada. Os resultados dos testes realizados estão no quadro abaixo:

Quadro 2: Comprovação das causas priorizadas e relação com o defeito

CAUSA PRIORIZADA	DESCRIÇÃO DA CAUSA	EVIDÊNCIA DA CAUSA (Mostrar que a causa acontece de Fato - Coloca Anexo se Necessário)	PROVA DE QUE A CAUSA TEM CORRELAÇÃO COM O FOCO (Colocar anexo se Necessário)
Método de cálculo da centralização inadequado	Operador necessita realizar cálculo manual da centralização, cometendo erros	 Deslocada cerca de 8cm do centro	
Falta de detecção do problema ocasionando o uso de matéria prima defeituosa	Atualmente, a não ser que o defeito apresente-se já na capa da bobina de filme, em casos de problemas do fornecedor, não consigo detectar para não utilizar este insumo no processo ou para pedir ação corretiva do fornecedor		
Defeito incidente na bobina de filme	Defeitos de viinco vindo na matéria prima utilizada, gerando descartes futuros após aplicado	Evidenciado algumas vezes o problema de vinco já na capa da bobina de filme, e aberta reclamação ao fornecedor, indicando recebimento de insumo com problemas de qualidade. Além disso, a análise dos dados mostram que o maior volume de rejeição (mês de março) corresponde com a data e a largura da RF102. O desvio foi semelhante em todos os turnos, indicando que não foi falha operacional. Além disso, o problema quando incide do fornecedor, é de forma intermitente e os descartes realizados são para rejeito, podendo indicar terem origem no fornecedor. Para os defeitos gerados na aplicação da LPC o problema aparece mais contínuo e quando chega no CS, há reaplicação	
Falta de filme tipo 06 na largura correta para dimensional 1140mm	Filme tipo 06 no dimensional 1140mm é o filme com maior % de incidência de problema, visto que, não é na dimensão adequada de aplicação e há necessidade de slitar o filme, que devido a alta quantidade de cola, gera problemas neste processo		
Falta de procedimento impedindo a abertura simultânea das portas para mitigar fluxo de vento	A abertura simultânea dos portões possibilita corrente de ar que ao atingir o filme pode causar rugas		

Fonte: Os autores, 2025

A partir das etapas realizadas na fase de análise, foi possível transformar um problema com 34 hipóteses de causas em 5 causas raízes comprovadas e priorizadas, de modo a possibilitar atuação de ações com direcionamento estratégico para o atingimento da meta do projeto.

4.4. RESULTADOS DA FASE MELHORAR

Nesta fase foi realizado o planejamento e execução das ações corretivas para as causas raízes resultantes da fase de análise. Inicialmente, mediante novo

brainstorm com a equipe do projeto, foi realizado o preenchimento de um plano de ação inicial com o uso da ferramenta 5W2H, conforme representado no quadro abaixo.

QUADRO 3: Primeira versão do plano de ação

O que?	Por que?	Como?	Quem?	Quando?	Onde?	Quanto?
Utilizar filme na largura adequada para material 1140mm	Para reduzir a possibilidade de geração de defeitos durante a aplicação	Realizar cadastro e compra de filme tipo 06 na largura 1125mm	Amanda	20/06/2025	SAP	R\$ 0
Tornar método de cálculo de centralização adequado	Para reduzir a possibilidade de erro humano	Criar planilha para cálculo automático mediante preenchimento da largura da bobina	Júlio	13/05/2025	Saída LPC	R\$ 0
Procedimentar novo método de cálculo de centralização	Para garantir padrão de execução e consulta para todos os operadores	Revisar IT LPC 505	Júlio	20/06/2025	Se Suíte	R\$ 0
Possibilitar detecção de defeitos do fornecedor	Para não aplicar filme com defeito e gerar evidências para abrir reclamação, solicitando tratativa por parte do fornecedor	Instalar e posicionar adequadamente câmera de alta resolução disponível no estoque para detecção dos problemas na bobina de filme	Leandro	30/08/2025	Saída LPC	R\$ 0
Avaliar qualidade de matéria prima em conjunto com fornecedores	Para diminuir a incidência de defeito na matéria prima	Realizar auditorias nos fornecedores e determinar possíveis fragilidades e oportunidades de melhorias	Júlio	30/05/2025	Sulfix e Promaflex	R\$ 2.279,61
Criar método para evitar atividades com abertura de portas simultaneamente	Para que o fluxo de ar não gere vinco durante a aplicação	Revisar IT LPC 505	Petra	20/08/2025	Se Suíte	R\$ 0

Fonte: Os autores, 2025

Destaca-se a ação de "avaliar a qualidade da matéria prima em conjunto com os fornecedores", pois, é a ação que trará maior retorno para o projeto, no entanto, precisa de grande apoio externo para ser satisfatória, o que representa uma maior complexidade da tratativa.

As soluções propostas passaram por uma análise de risco da implementação, com o objetivo de avaliar necessidade de planos de contingência para mitigação destes riscos mapeados. Os resultados da avaliação dos riscos estão na figura 21 abaixo.

QUADRO 4: Quadro com os resultados da avaliação dos riscos

CAUSA FUNDAMENTAL	SOLUÇÃO SELECIONADA	RISCO DA IMPLEMENTAÇÃO	ANÁLISE DE RISCO			PLANO DE CONTINGÊNCIA
			PROBABILIDADE	IMPACTO	RISCO	
Defeito incidente na matéria prima enviada pelo fornecedor	Avaliar qualidade de matéria prima em conjunto com fornecedores	Falta de comprometimento dos fornecedores em melhorar a qualidade do insumo ou falta de evidências para tratativa de problemas - impedindo o atingimento da meta	80%	10	Altíssimo	Possibilitar detecção e geração de evidências. Relatório de avaliação de fornecedor em conjunto com comercial para exigir melhores tratativas e melhor qualidade do insumo. Orientar operação para gerar o máximo possível de registros e evidências do problema
Falta de cadastro de filme tipo 06 na largura correta para atendimento à largura 1140mm	Utilizar filme na largura adequada para material 1140mm mediante cadastro do filme	Ocupação de estoque/desperdício de insumo e orçamento - Risco de sobrar no mês devido pedido mínimo de 10 mil metros e ser feito novo pedido	50%	7	Médio	Inicialmente o item será PD – pedido sob demanda. Após tornar-se de pedido automático, será procedimentado a necessidade de verificação do estoque da área antes de baixar do estoque do almoxarifado
Realização manual e repetitivo do cálculo de centralização, aumentando a possibilidade de erro humano	Tomar método de cálculo de centralização adequado alterando para planilha Excel onde será necessário inserir valor de largura	Erro humano no preenchimento da largura na planilha - A atividade ainda fica sujeita a erro operacional, porém, com a alteração do método a probabilidade de incidência é menor, visto que são menos etapas manuais	20%	7	Baixo	N/A
Uso de material defeituoso devido falta de detecção do problema	Possibilitar detecção de defeitos do fornecedor mediante instalação de câmera disponível	Resolução da câmera não ser suficiente para detecção do problema. Não obter melhora na qualidade da matéria prima por falta de evidências. Câmera não ser compatível com sistema	60%	10	Alto	Aquisição de nova câmera compatível e com resolução suficiente para detecção ou tentar melhorar o ambiente para permitir detecção com a câmera já instalada
Falta de procedimento impedindo a abertura simultânea das portas para mitigar fluxo de vento	Criar método para evitar atividades com abertura de portas simultaneamente	Sujeito a falha operacional	20%	7	Baixo	Avaliar possibilidade de poka yoke nos portões

Fonte: Os autores, 2025

Entre as soluções, destaca-se as com risco mais elevado, sendo a "Avaliar qualidade de matéria prima em conjunto com fornecedores" e "Possibilitar detecção de defeitos do fornecedor mediante instalação de câmara disponível " visto que teriam impacto alto nos resultados caso não fossem bem-sucedidas. A partir do plano de contingência, o plano de ação inicial foi complementado com as ações para contingência dos riscos.

Antes da execução do plano de ação, foi necessário realizar alguns testes preliminares para verificar a viabilidade da implementação em larga escala. Em relação a causa "Uso de material defeituoso devido falta de detecção do problema", os testes foram realizados no ambiente de aplicação de filme quanto ao fundo, para entender qual seria a melhor adequação antes da implementação, como resultado, o teste apontou que o contraste com o preto brilhante trás boa possibilidade de detecção dos problemas. Em relação a causa "Falta de procedimento impedindo a abertura simultânea das portas para mitigar fluxo de vento" foi verificado pelo time de elétrica que seria possível implementar sistema de intertravamento no ambiente.

Após análise de riscos e os testes para verificação de viabilidade de implementação em larga escala, o plano de ação 5W2H foi reescrito com as ações que seriam implementadas. O plano de ação final, com as 12 ações, pode ser visualizado no quadro 5. As ações tiveram foco de atuação em qualidade de matéria prima, padronização e otimização de método e melhoria nos mecanismos de detecção.

QUADRO 5: Plano de ação do projeto

5W 2H						
O que?	Por quê?	Como?	Quem?	Quando?	Onde?	Quanto?
Utilizar filme na largura adequada para material 1140mm	Para reduzir a possibilidade de geração de defeitos durante a aplicação	Realizar cadastro e compra de filme tipo 06 na largura 1125mm	Amanda	11/07/25	SAP	R\$ 0
Tornar método de cálculo de centralização adequado	Para reduzir a possibilidade de erro humano	Criar planilha para cálculo automático mediante preenchimento da largura da bobina	Júlio	15/05/25	Saída LPC	R\$ 0
Procedimentar novo método de cálculo de centralização	Para garantir padrão de execução e consulta para todos os operadores	Revisar IT LPC 505	Petra	29/08/25	Se Suite	R\$ 0
Possibilitar detecção de defeitos do fornecedor	Para não aplicar filme com defeito e gerar evidências para abrir reclamação, solicitando tratativa por parte do fornecedor	Realizar adequação do ambiente de modo a permitir a detecção pela câmera já instalada na saída da linha	Petra	30/08/25	Saída LPC	R\$ 0
Avaliar qualidade de matéria prima em conjunto com fornecedores	Para diminuir a incidência de defeito na matéria prima	Realizar auditoria nos fornecedores e determinar possíveis fragilidade e oportunidades de melhoria	Júlio	30/05/25	Sulfix e Promaflex	R\$ 2.279,61
Mitigar risco de ocupação do estoque com sobras de filme para material 1140mm	Para evitar desperdício de insumo e ocupação de estoque	Revisar procedimento LPC 505 inserindo a necessidade de verificação do estoque da área antes de baixar do estoque do almoxarifado	Petra	29/08/25	Se Suite	R\$ 0

Avaliar periodicamente fornecedores	Para evidenciar problemas e solicitar tratativas, cobrar tratativas e medir a qualidade dos fornecedores, podendo compará-los	Elaborar e sistematizar relatório mensal de quantificação de qualidade de fornecedor	Petra	20/08/25	CTQ	R\$ 0
Orientar a operação de saída a gerar evidências de problema com fornecedor	Para garantir evidências que possibilitem abertura de reclamação e tratativa por parte dos fornecedores, além de embasar a avaliação de qualidade dos fornecedores	Colocar alerta ao lado da TV com a imagem da câmera, solicitando que ao observar o problema, gerar evidências e registro no relatório de turno.	Petra	08/08/2025	Saída LPC	R\$ 0
Procedimentar necessidade de retirar bobina de filme defeituosa do processo	Para impedir altos volumes de descartes	Revisar IT LPC 505 registrando os casos para retirada de insumo do processo	Petra	29/08/2025	Se Suite	R\$ 0
Implementar frequência de auditoria aos fornecedores e/ou reuniões para tratar da qualidade do insumo	Para realizar verificação das tratativas e repassar informação de avaliação de qualidade	Criando cronograma trimestral de visita ao fornecedor e/ou calendário de reuniões	Wilton	29/08/2025	CTQ	R\$ 0
Criar método para evitar atividades com abertura de portas simultaneamente	Para que o fluxo de ar não gere vinco durante aplicação	Revisar IT LPC 505	Petra	15/09/2025	Se suite	R\$ 0
Implementar Poka Yoke	Para impedir a abertura simultânea dos portões	Realizar compra e implementação de sistema de intertravamento	Leandro	10/09/2026	Saída LPC	R\$ 3.000

Fonte: Os autores, 2025

As ações foram implementadas atendendo o prazo estipulado, porém, duas delas foram implementadas em atraso, sendo: “Avaliar periodicamente fornecedores” e “Implementar frequência de auditoria aos fornecedores e/ou reuniões para tratar da

qualidade do insumo” sendo implementadas em 27/10/25. Isso ocorreu devido indisponibilidade de mão de obra do setor responsável para concluir a ação no prazo. A ação de “Implementar Poka Yoke” permaneceu em aberto, visto que o prazo e método da companhia para compras de materiais ultrapassa o prazo para conclusão do projeto.

A execução do plano de ação resultou em resultados em relação a meta específica (foco dos estratos) que é referente o índice de rejeição do defeito de HD por data de aplicação LPC, onde os últimos 24 meses apresentaram valor de 0,57% e desvio padrão de 0,34%. O ano de 2025 apresentou valor de 0,29%, (melhora de 49% em relação ao baseline) e um desvio padrão de 0,15%. Os três últimos meses apresentam valor médio de 0,27% - indicando atingimento de 94% da meta estipulada para o foco. Portanto, teve-se uma redução do índice de rejeição do defeito de 49% e uma redução no desvio padrão dos dados de 55%, comprovando uma melhoria relativa à média das perdas, bem como uma redução da variabilidade do processo. A figura 18 mostra o gráfico mostra a redução da média dos dados no ano de execução do projeto (2025).

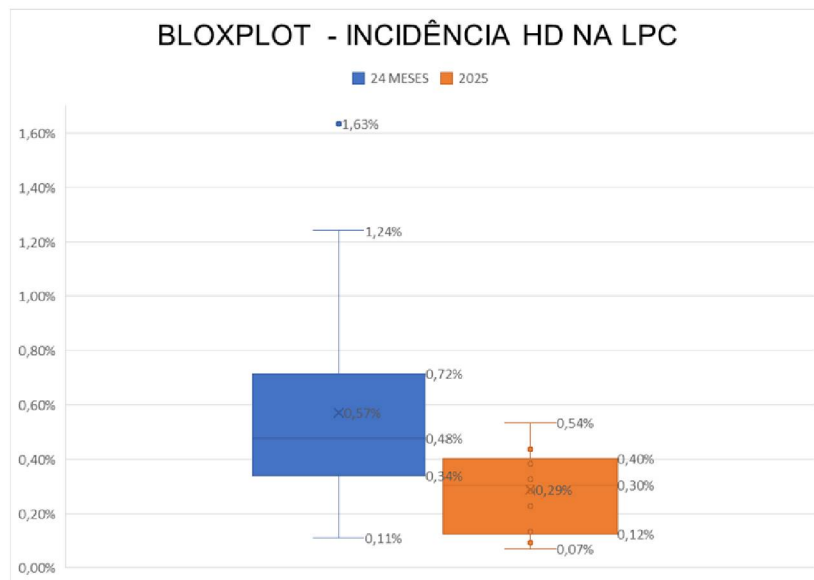
FIGURA 18: Gráfico de % de incidência e média após execução do projeto



Fonte: Os autores, 2025

A redução na dispersão dos dados foi comprovada através do gráfico bloxplot mostrado na figura 24 abaixo, onde percebe-se que a dispersão (variabilidade dos dados) dos últimos 24 meses (baseline) tinham maior intervalo interquartil (mede a dispersão dos 50% centrais dos dados) e maior intervalo total entre os traços (mede a dispersão geral, excluindo outliers) quando comparado a 2025. A dispersão geral dos dados reduziu 58% e a a dispersão central dos dados reduziu 25%.

FIGURA 19: Gráfico BLOXPLOT



Fonte: Os autores, 2025

4.5. RESULTADOS FASE DE CONTROLE

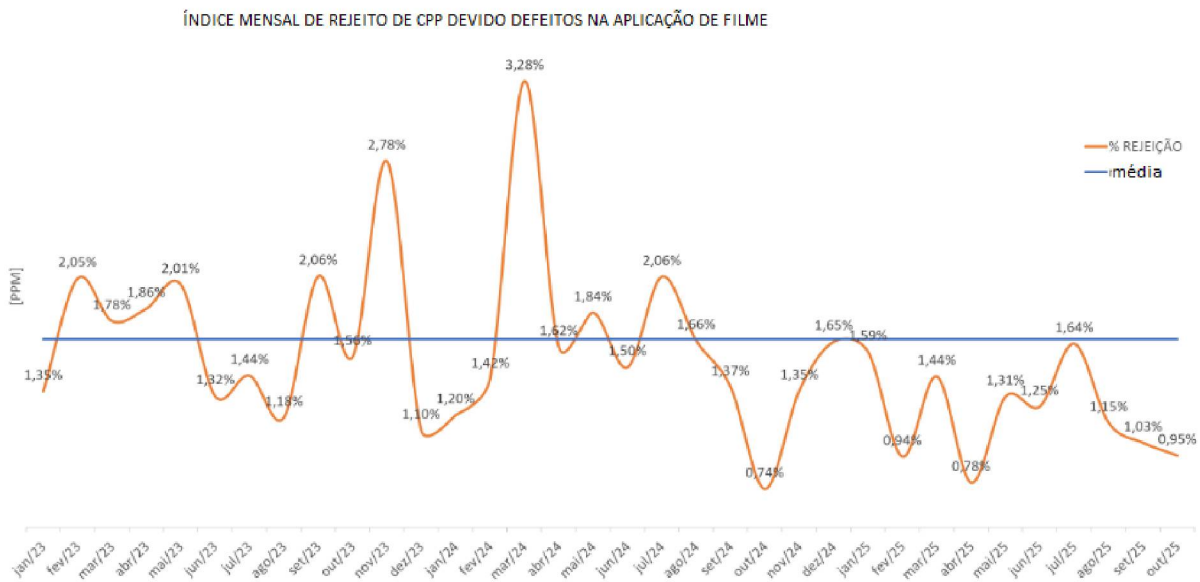
Em relação a meta global do projeto, que eram os valores de rejeição devido problemas de aplicação de filme, o ano de 2025 apresenta índice de 1,21%, mostrando uma redução significativa em relação ao baseline de 1,67% e um atingimento de 92% da meta do projeto. Os três últimos meses apresentaram valor médio de 1,04% - superando a meta. Em relação ao desvio padrão dos dados, o baseline apresentava uma dispersão de 0,53% e os valores de 2025 apresentaram um desvio padrão de 0,28%, indicando uma redução de 48% na dispersão. Ambos resultados, mostram uma melhoria significativa média das perdas, bem como uma redução da variabilidade do processo.

Conforme mostrado nos resultados da fase de melhoria, ainda há uma ação pendente em relação a instalação do poka yoke impedindo a abertura dos portões que

trará um resultado ainda mais significativo na redução da incidência dos defeitos durante a aplicação de filme protetivo.

O gráfico de índice de rejeito de CPP devido defeitos de aplicação de filme, que foi a métrica do projeto, está demonstrado abaixo, mostrando a linha referente a meta do projeto e os valores de 2025 (ano da execução do projeto) e os valores utilizados como base inicial do projeto (24 meses anteriores).

FIGURA 20: Gráfico do indicador do projeto após conclusão



Fonte: Os autores, 2025

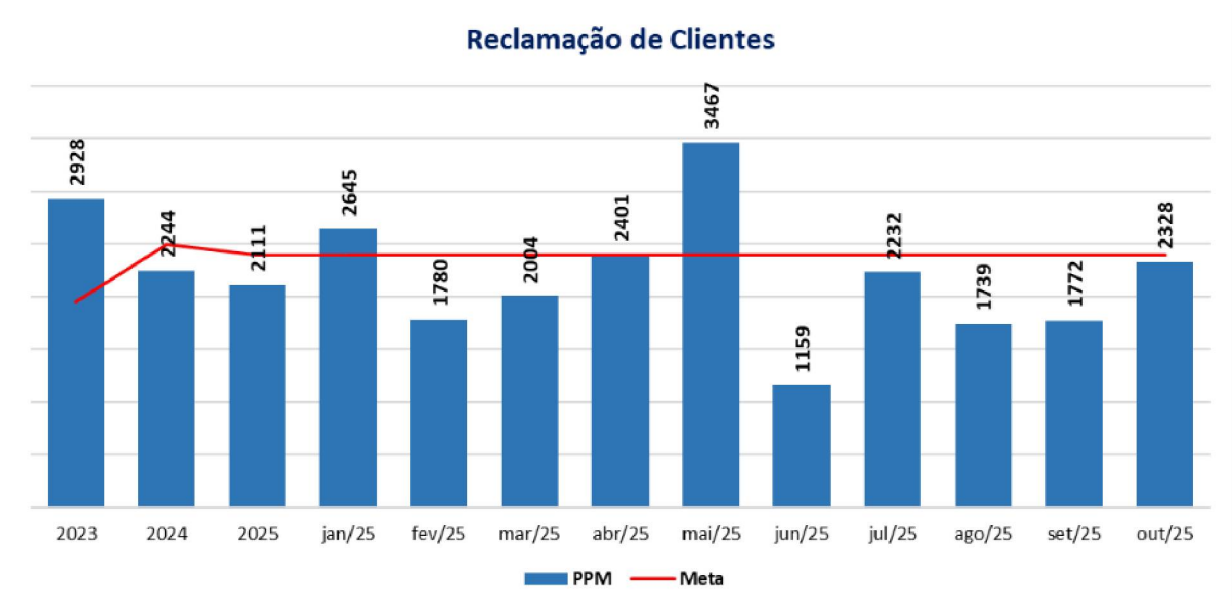
O projeto, além de ganhos com redução dos estoques com material de segunda qualidade, melhoria na capacidade de atendimento ao cliente, teve ganho financeiro devido diminuição de perda e sucata de materiais, possibilitando venda e retorno financeiro para companhia. O saving obtido foi de 80% do estipulado no início do projeto, ultrapassando 1 milhão de reais.

As ações implementadas na fase de melhoria contemplaram a revisão dos métodos de trabalho. A atualização desses métodos gerou necessidade de capacitação dos operadores, conforme identificado na matriz de treinamento operacional. Dessa forma, foram realizados treinamentos específicos com as equipes, garantindo a padronização das práticas operacionais entre os diferentes turnos de produção.

Além disso, o indicador de rejeição devido a defeitos na aplicação de filme passou a ser monitorado semanalmente, possibilitando atuação rápida caso seja identificada tendência de aumento no percentual de rejeição. As lições aprendidas durante a execução do projeto foram registradas no portal interno de melhoria da companhia, permitindo que o conhecimento gerado seja disseminado e utilizado como base para futuras iniciativas de melhoria contínua. Esse registro também possibilita que, caso seja identificada nova tendência de deterioração do indicador, seja iniciado um novo ciclo de melhoria utilizando a metodologia PDCA.

O índice de reclamação de clientes, indicador da direção que relaciona todo o volume reclamado pelos clientes em relação ao volume faturado pela empresa, também apresentou melhora no ano de 2025 em relação aos 24 meses anteriores, indicando que os efeitos benéficos do projeto que resultaram em diminuição de rejeito interno também refletem na incidência de problema nos clientes.

FIGURA 21: Gráfico do índice de reclamação de clientes



Fonte: Os autores, 2026

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo aplicar a metodologia DMAIC para redução do índice de rejeição de materiais de CPP (Chapa Pré-Pintada) decorrentes de defeitos durante a aplicação de filme protetivo. A utilização da abordagem estruturada permitiu compreender o comportamento do processo, identificar as principais causas do problema e implementar ações de melhoria direcionadas.

O índice médio de rejeição de CPP devido defeitos durante aplicação de filme no período utilizado como baseline era de 1,67% e a meta estabelecida do projeto constituiu na redução de 30% deste valor. Na fase de medição, os dados mostraram que o problema estava concentrado na aplicação realizada na LPC – linha de pintura continua e no defeito de HD – vinco no filme, sendo mais crítico em materiais de duas larguras (863mm e 1040mm). A realização de estratificação dos dados possibilitou direcionamento para uma análise posterior mais efetiva.

Na fase de análise foram utilizadas ferramentas como SIPOC, diagrama de causa e efeito, brainstorming e 5 porquês, permitindo a identificação de seis causas raízes relacionadas principalmente à qualidade da matéria-prima, método de centralização do filme e baixa capacidade de detecção de defeitos.

Na fase melhoria foi elaborado um plano de ação através da ferramenta 5W2H com 12 ações de melhoria com foco em corrigir as causas do problema.

Considerando a métrica global do projeto, o índice de rejeição total foi reduzido de 1,67% para 1,21%, representando 92% de atingimento da meta estabelecida. Nos três últimos meses analisados, o valor médio foi de 1,04%, superando a meta definida e indicando consolidação das melhorias implementadas.

Além da melhoria no desempenho do processo, o projeto gerou ganhos operacionais e financeiros relevantes, com redução de perdas e sucata de materiais, diminuição de estoques de segunda qualidade e melhoria na capacidade de atendimento aos clientes.

Por fim, a fase de controle garantiu a padronização das melhorias, capacitação dos operadores e monitoramento contínuo do indicador utilizado como métrica para o projeto. Além disso, o projeto foi registrado no portal de melhorias da companhia, possibilitando acesso sempre que necessário para auxiliar futuros projetos que tenham relação com o tema. Dessa forma, conclui-se que a aplicação da metodologia DMAIC

foi eficaz na redução do problema analisado, contribuindo para a melhoria da qualidade do processo e para o fortalecimento da cultura de melhoria contínua na organização

5.1. Sugestões de trabalhos futuros

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Qualidade e capacidade de detecção de vincos no filme durante o processo de produção do insumo, visto que, durante o trabalho observou-se que a matéria prima habitualmente vem com pequenos trechos deste defeito. Sendo difícil e inviável para o processo retirar a bobina de uso, primeiramente pela dificuldade de detecção quando baixa intensidade ou frequência do defeito e segundo por não tem como saber se será apenas um ou mais ao longo da bobina de filme. Portanto, um dos direcionamentos para a qualidade de material pré pintado com aplicação de filme protetivo, seria um mapeamento do processo do fornecedor a filme de identificar estas vulnerabilidades que até então são desconhecidas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Francisco Tiago Araújo; PERUCHI, Rogério Santana. Utilização do DMAIC para melhoria das atividades de estoques e logística interna. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIMEP), 12., 2024. Anais do XII SIMEP. 2024.

CLETO, Marcelo Gechele; QUINTEIRO, Leandro. Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva. *Revista Produção Online*, v. 11, n. 1, 2011.

DEMING, W. Edwards. *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

Estatística descritiva: o que é e quais os tipos de medidas de tendência central. Artigos Alura, 2025. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/estatistica-descritiva>. Acesso em 09 mar. 2026.

FERREIRA, Thatiany. Interpretação e construção do gráfico boxplot por licenciandos (as) em matemática na perspectiva do letramento estatístico. Rio Grande do Norte: EBRAPEM, 2024.

LARSON, Alan. *Demystifying Six Sigma*. New York: McGraw-Hill, 2003.

LIKER, Jeffrey K. O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LUIZ, Luana Carvalho; TYBUSZEUSKY, Jean Marcell Lara; CHIROLI, Daiane Maria De Genaro. Implementação da metodologia Lean Six Sigma em uma indústria química. *Navus – Revista de Gestão e Tecnologia*, v. 10, 2020

MONTGOMERY, Douglas C. *Introduction to Statistical Quality Control*. 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.

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

PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. *The Six Sigma Way*. New York: McGraw-Hill, 2000.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. *Entendendo, aprendendo e desenvolvendo qualidade padrão Seis Sigma*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ROSER, Christoph. *Faster, Better, Cheaper in the History of Manufacturing: From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond*. Boca Raton: CRC Press, 2017.

SANTOS, Adriana Barbosa; MARTINS, Manoel Fernando. Análise da aplicação do Seis Sigma em empresas brasileiras. *Revista Produção*, v. 20, n. 1, p. 42-53, 2010.

SILVA, Luana Carla; OLIVEIRA, Maria Célia; SILVA, Fernando Aparecido. Implementação da metodologia Seis Sigma para melhoria de processos utilizando o ciclo DMAIC: um estudo de caso em uma indústria automotiva. *Exacta*, v. 15, n. 2, p. 222-232, 2017.

WERKEMA, Cristina. *Criando a Cultura Seis Sigma*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, Cristina. *Seis Sigma: coletânea de artigos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 2006.

WERKEMA, Cristina. *Lean Seis Sigma: introdução às ferramentas do Lean Manufacturing*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.