



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Engenharia de Qualidade 4.0**



Felipe Figueiredo Bortoletto

**REDUÇÃO DO ÍNDICE DE NÃO CONFORMIDADES NA LINHA DE PINTURA LÍQUIDA**

**CURITIBA**

**2024**

Felipe Figueiredo Bortoletto

## **REDUÇÃO DO ÍNDICE DE NÃO CONFORMIDADES NA LINHA DE PINTURA LÍQUIDA**

Monografia apresentada como resultado parcial 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. Marcos A. M. Marques

**CURITIBA**  
**2024**

## RESUMO

Este trabalho aborda a redução do índice de não conformidade no processo de pintura líquida da Magius, através da aplicação do uso da metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar), onde em cada uma de suas etapas foram utilizadas diferentes ferramentas. Durante a execução do projeto, verificou-se uma falta de padronização de maneira geral em diversas frentes, como pré processo, processo, pós processo, além da ineficiência do sistema de limpeza do setor de pintura. Com esses dados em mãos, foram criados diversos tipos de padrões e procedimentos para que as causas raízes dos problemas fossem eliminadas/minimizadas.

A contribuição desse projeto para a empresa foi viabilizar o uso de ferramentas e da estrutura geral do DMAIC, introduzindo novos conceitos e gerando oportunidades para novos projetos de melhoria em diferentes setores da pintura. Verificou-se que aplicação de uma gestão eficaz da qualidade nos processos, aliada à tecnologia e ao treinamento contínuo da equipe, é essencial para a redução de defeitos na linha de pintura, resultando em processos mais consistentes, elevando o nível de satisfação dos clientes.

Palavras-chave: Seis Sigma, DMAIC, Melhoria Contínua, Pintura, Retrabalho.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Fluxograma do Processo .....	20
FIGURA 2 – Gráfico Temporal de Retrabalho .....	22
FIGURA 3 - Gráfico Temporal de Retrabalho (média) .....	22
FIGURA 4 – Diagrama SIPOC .....	23
FIGURA 5 – Project Charter.....	24
FIGURA 6 – Árvore de Estratificação .....	25
FIGURA 7 - Gráfico de Pareto de 1º Nível .....	26
FIGURA 8 - Gráfico de Pareto de 2º Nível .....	26
FIGURA 10 - Gráfico da Média de Peças Contaminadas .....	28
FIGURA 12- Gráfico de Pintura com Sujeira .....	29
FIGURA 13 - Gráfico de Pintura com Sujeira .....	29
FIGURA 14 - Mapa de Processos .....	30
FIGURA 15 - Mapa de variáveis.....	31
FIGURA 16 - Diagrama de causa e efeito para peças danificadas .....	33
FIGURA 17 - Diagrama de causa e efeito para contaminação.....	33
FIGURA 18 - Diagrama de causa e efeito para pintura falhada .....	33
FIGURA 19 - Diagrama de causa e efeito para pintura com sujeira.....	33
FIGURA 20 - Diagrama de causa e efeito para falta de cura .....	30
FIGURA 21 - Evidência e comprovação de espaço físico insuficiente .....	36
FIGURA 22 - Evidência e comprovação de falta de local apropriado.....	36
FIGURA 23 - Evidência e comprovação de embalagem alternativa.....	37
FIGURA 24 - Evidência e comprovação de pano sujo .....	37
FIGURA 25 - Evidência e comprovação de falha no sistema de purga.....	38
FIGURA 26 - Evidência e comprovação de falta de eficiência na limpeza .....	38
FIGURA 27 - Evidência e comprovação de local inapropriado para lixamento.....	39
FIGURA 28 - Evidência e comprovação de pintura falhada .....	39
FIGURA 29 - Medidor de temperatura de peças .....	41
FIGURA 30 - Instrução de trabalho de medição de peças.....	41
FIGURA 31 - Instrução de trabalho de verificação do ar comprimido.....	42
FIGURA 32 - Máquina de limpeza de monovia.....	44
FIGURA 33 - Interior da estufa.....	44
FIGURA 34 - Local destinado para lixamento.....	45

	4
FIGURA 35 - Extratora para lixamento .....	45
FIGURA 36 - Lixadeira com sucção de pó .....	46
FIGURA 37 - Pintura falhada – Teste 1.....	48
FIGURA 38 - Pintura falhada – Teste 2.....	49
FIGURA 39 - Pintura conforme – Teste 3.....	49
FIGURA 40 - Máquina pra limpeza da monovia .....	50
FIGURA 41 - Sujeira da monovia .....	51
FIGURA 42 - Lixa utilizada na extratora .....	51
FIGURA 43 - Extratora.....	51
FIGURA 44 - Lixa utilizada atualmente.....	52
FIGURA 45 - Teste com Lixa multifuros .....	52
FIGURA 46 - Teste de aderência .....	53
FIGURA 47 - Teste de aderência OK.....	54
FIGURA 48 - Evolução do retrabalho .....	57

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Tabela de Conversão Sigma Simplificada.....	14
TABELA 2 – Priorização das causas.....	35
TABELA 3 – Causas fundamentais e suas propostas .....	40
TABELA 4 – Causas e possíveis soluções.....	47
TABELA 5 – Monitoramento das ações implementadas .....	55

## CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	7
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	9
1.3. JUSTIFICATIVA .....	10
1.4. HIPÓTESE .....	11
1.5. OBJETIVO .....	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
2.1. Metodologia DMAIC .....	15
2.1.1. <i>Define</i> .....	16
2.1.2. <i>Measure</i> .....	16
2.1.3. <i>Analyse</i> .....	17
2.1.4. <i>Improve</i> .....	17
2.1.5. <i>Control</i> .....	18
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
3.1. FASE DEFINIR .....	20
3.1.1. Descrição do Problema.....	20
3.1.2. Métrica .....	21
3.1.3. Coleta de dados.....	21
3.1.4. Meta.....	22
3.1.5. Diagrama Sipoc .....	22
3.1.6. Project Charter.....	23
3.2. FASE MEDIR .....	24
3.2.1. Árvore de estratificação.....	25
3.2.2. Diagrama de Pareto .....	25
3.2.3. Análise de variação dos focos de não conformidades.....	27
3.3. FASE ANALISAR.....	30
3.3.1. Mapa de Processos .....	30
<p>Nesta fase, iniciamos o mapeamento do processo em que nele as etapas foram divididas em 5 operações demonstrando-se os meios de controle, as entradas e</p>	

atividades pertinentes a cada etapa do processo, possibilitando visualizar as variáveis de cada operação .....	30
3.3.2. Mapa de variáveis .....	31
Com o mapa de variáveis em mãos, foi montado o Mapa de Variáveis que contemplam as etapas do Mapa de Processos, onde nelas podemos categorizar os meios de controle, as atividades e a caracterização entre Característica Crítica (*) e Ruídos do processo (*) e Controláveis do processo (C) .....	31
3.3.3. <i>Brainstorm</i> .....	31
3.3.4. Diagrama de Causa e Efeito .....	33
3.3.5. Priorização das causas .....	35
3.4. FASE MELHORAR.....	40
3.5. FASE CONTROLA.....	54
3.5.1. Monitoramento .....	54
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO .....</b>	<b>56</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
5.1. Sugestões de trabalhos futuros .....	60
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Um dos maiores índices de não conformidades na Magius é encontrado no setor de pintura. Dentre esses índices, os mais recorrentes são pintura Falhada, contaminação e sujeira. Porém, nesse projeto iremos atacar um item que aparece pouco nas estatísticas, mas que causam as maiores preocupações nos clientes, o deslocamento de tinta.

Ao longo dos anos, diversas ações de melhorias foram propostas para a minimização dos índices de peças não conformes no setor de pintura da Magius. Porém, devido à falta de profundidade na identificação das reais causas raízes, a efetividade dessas ações ficava muito aquém do desejado.

No setor de pintura, onde a estética e a proteção anti corrosiva dos produtos são primordiais, a ocorrência de não conformidades pode resultar em prejuízos significativos, tanto financeiros quanto na reputação da organização, fazendo com que novos negócios sejam perdidos.

Dessa forma, este projeto de melhoria visa identificar as causas raiz de não conformidades, implementar ações corretivas e preventivas, e promover uma cultura de qualidade contínua entre os colaboradores.

Atualmente existem metodologias que desenvolvem de maneira estruturada técnicas para essas otimizações dentro das indústrias. Uma delas é o Seis Sigma, uma estratégia gerencial quantitativa que objetiva aumentar a lucratividade das empresas por meio do aperfeiçoamento da qualidade dos produtos e processos (WERKEMA, 2004).

Estruturando de forma mais detalhada, o Seis Sigma segue o método DMAIC, que com o auxílio de algumas ferramentas, é definido como um ciclo de desenvolvimento de cinco etapas: Definir, medir, analisar, melhorar e controlar (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000).

### **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

A Magius Metalúrgica Industrial é uma metalúrgica, fundada em 14 de janeiro de 1971, localizada em São José dos Pinhais. Inicialmente, produzia sistemas de

segurança para bancos e mercados em geral, como cofres e portas para caixa forte, ativados por controle remoto.

Em 1975, a empresa ingressou como fornecedora de estampados da linha agrícola, produzindo peças para as Colheitadeiras New Holland, que se instalaram em Curitiba. Com o crescimento do mercado agrícola, a empresa se fortaleceu neste segmento. Na época, a agricultura se expandia e ficou cada vez mais forte em nosso país, trazendo junto o desenvolvimento de novas indústrias do segmento. A Magius passou a fazer seus investimentos de produção, olhando sempre para as oportunidades que surgiam neste novo mercado. A experiência no segmento agrícola foi se firmando e a empresa afastou-se das suas origens, que eram os cofres e sistemas de segurança.

No ano de 1979, passou a produzir peças para linha de ônibus e caminhões da Volvo do Brasil, fábrica recém-instalada em Curitiba – PR, caracterizando-se cada vez mais como fornecedor de peças. Nesta mesma época incorporou parte da empresa paulista T.R.S – Tratorsolo, aprimorando assim sua tecnologia para a produção de autopeças e fortalecendo também a linha agrícola. Deste modo proporcionou um aumento na carteira de clientes da empresa.

Na década de 80, já com um parque industrial de máquinas mais diversificado, voltado não só à estamparia, mas também à usinagem, ferramentaria e caldeiraria, a empresa foi conquistando know-how e se firmando ainda mais na fabricação de peças e componentes para a Indústria Automotiva pesada (ônibus e caminhão), Ferroviária e Implementos Agrícolas.

Já nos anos 90, a Magius passou a fornecer para a linha da Mercedes e Scania, na sua maioria peças que compunham o chassi destes veículos. Desta forma, a Magius foi sendo reconhecida nacionalmente. No fim desta década, alcançou sua primeira certificação ISO 9002 e posteriormente as certificações ISO 9001, IATF 16949 e ISO 14001.

A partir dos anos 2000, foi conquistando mais clientes na área de transporte e agricultura e iniciou no segmento da construção civil. Passou a fornecer peças para Pá Carregadeira e Retroescavadeira, consolidando-se cada vez mais como fornecedora de autopeças para as montadoras.

Atualmente a Magius possui um amplo Parque Industrial, com completo portfólio de tecnologias e processos de corte primário (laser, oxicorte e plasma), preparação de blanks, dobra, estamparia, usinagem, solda, processos de pintura

KTL, Líquida, Pó e Montagem, fornecendo produtos para as mais exigentes montadoras de veículos comerciais pesados, agrícolas e de construção. Dentre elas estão Volvo, Scania, Mercedes, Iveco, DAF, Renault, AGCO, CNH, John Deere, Caterpillar.

O trabalho apresentado nessa monografia se deu no setor de pintura, mais especificamente na linha de Pintura Líquida.

## **1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

O projeto de implementação da metodologia Seis Sigma na Magius nasceu da demanda de um dos principais clientes da Magius, considerado uma das grandes montadoras de caminhões do país.

Esse projeto tem como foco a redução e ou eliminação de não conformidades que ocorreram no cliente ao longo do ano de 2023. Durante esse período, houve 9 reclamações no cliente.

Para atuar nesse projeto, definiu-se que o foco das ações serão as não conformidades internas. Os dados coletados para as análises de causas raiz, foram retiradas do período de junho de 2023 a fevereiro de 2024.

A linha de pintura da Magius desempenha um papel crucial na qualidade final do produto, garantindo a estética, proteção contra corrosão e durabilidade. Entretanto, frequentemente, são observadas não conformidades no processo, como irregularidades na aplicação da tinta, variações na espessura do revestimento, falhas no processo de pintura, falhas de aderência e diferenças na tonalidade da cor. Tais problemas resultam em retrabalho, desperdício de material e atrasos na produção, afetando a produtividade e aumentando os custos operacionais.

Diante deste cenário, o presente trabalho propõe-se a investigar: "Quais são os principais fatores que contribuem para a ocorrência de não conformidades no processo de pintura e como essas falhas podem ser minimizadas ou eliminadas para aumentar a eficiência do processo e garantir a qualidade do produto.

Essa formulação de problema abre espaço para explorar causas e soluções, como controle de qualidade, melhoria de processos e ajustes em controles e metodologias.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

Devido a altos índices de não conformidades no processo de pintura, a impactos significativos na produtividade e nos custos operacionais da empresa, o projeto seis sigma se mostra como uma excelente ferramenta para mitigar as causas desse problema e propor soluções. Atualmente, a maior causa de retrabalho na Magius se dá na linha de pintura onde cerca de 5% das peças produzidas apresentam defeitos no acabamento, como sujeira, contaminações, pintura falhada etc., o que resulta em um elevado índice de retrabalho. Esse retrabalho, além de aumentar o custo de produção, reduz a capacidade produtiva da linha, afeta a eficiência global da operação e compromete os prazos de entrega aos clientes.

Esses problemas também afetam diretamente a satisfação dos clientes, uma vez que produtos com defeitos ou entregues fora do prazo comprometem a imagem da empresa no mercado. Além disso, o aumento nos custos devido ao retrabalho e ao desperdício de materiais (como tinta, lixas e solventes) impacta negativamente a margem de lucro, fazendo com que a receita se torne cada vez mais apertada.

Justifica-se a implementação de um projeto de melhoria para a redução das não conformidades na linha de pintura com base nos seguintes fatores:

1. Redução de Custos: Com a diminuição dos índices de retrabalho e defeitos, será possível economizar em insumos (tinta, solvente, primer) e horas de mão de obra dedicadas ao retrabalho.
2. Aumento da Produtividade: Ao reduzir o número de peças que precisam de retrabalho, a linha de produção poderá operar com maior eficiência, aumentando a produtividade e otimizando o uso dos recursos.
3. Melhoria na Qualidade: A qualidade do produto final será significativamente melhorada, resultando em menor incidência de reclamações e devoluções de clientes, além de fortalecer a reputação da empresa no mercado.
4. Satisfação do Cliente: A redução dos defeitos contribuirá para o cumprimento dos prazos de entrega e a entrega de produtos com maior qualidade, aumentando a satisfação do cliente e, possivelmente, gerando novas oportunidades de negócios.

A escolha de aplicar a metodologia Seis Sigma neste contexto se justifica pela sua abordagem sistemática visando identificar e eliminar as causas raízes das não conformidades. A redução das não conformidades não só otimiza os recursos da

empresa, mas também contribui para um ambiente de trabalho mais eficiente e motivador.

Ao abordar as não conformidades de forma proativa, a empresa se posiciona de maneira mais competitiva no mercado, alinhando-se às expectativas dos clientes.

Por fim, este estudo se mostra relevante não apenas do ponto de vista econômico, mas também em termos de inovação e desenvolvimento organizacional. A busca por padrões elevados de qualidade é uma demanda constante e, ao utilizar a metodologia Seis Sigma, espera-se contribuir significativamente para a evolução dos processos internos e para a consolidação de uma cultura voltada à qualidade e à eficiência e a sustentabilidade.

#### **1.4. HIPÓTESE**

A aplicação da metodologia Seis Sigma para resolução de não conformidades no processo de pintura da Magius leva em consideração as seguintes hipóteses:

- A falta de padrão dos processos de pintura;
- A ineficiência na comunicação;
- Ausência de determinados procedimentos considerados chave;
- Ineficiência/ausência de limpeza no setor;
- Layout indefinido;

#### **1.5. OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo aplicar a metodologia Seis Sigma para redução do índice de não conformidades no processo de pintura líquida, da Magius Metalúrgica Industrial, em São José dos Pinhais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores (WERKEMA, 2004).

O Seis Sigma não opera por si só, o sistema produtivo deve alcançar uma estabilidade básica através da padronização e eliminação de desperdício e de defeitos, o que envolve o estudo das operações da rotina do dia a dia (VELANDIA, 2006).

De acordo com Breyfogle III et al. (2001), diversas empresas apresentam resultados expressivos com a aplicação do Seis Sigma, dentre elas pode-se destacar: Motorola, General Electric (GE), Black & Decker, Dupont, Johnson e Johnson, Kodak, Polaroid, Sony, Samsung, Toshiba, entre outras. Além disso, uma série de empresas estão embarcando silenciosamente nos esforços motivadas por uma mentalidade anti-modismo.

Com o objetivo de competir com os produtos estrangeiros, mais baratos e com qualidade superior, o Seis Sigma surge na empresa Motorola no ano de 1987, alcançando entre o final da década de 80 e início da década de 90, um lucro de 2,2 bilhões de dólares. Além da Motorola, a GE (General Eletric) também implementou o Seis Sigma nos anos 90, alcançando no ano de 2002 o patamar de 4 bilhões de dólares de economia por ano (WERKEMA, 2004; TAGHUZADEGAN, 2006).

Após a divulgação dos grandes lucros obtidos por essas empresas, que colocaram em prática o programa Seis Sigma, houve assim um grande interesse de outras organizações implementarem a metodologia.

De acordo com Pande et al (2000), a letra “sigma ( $\sigma$ )” do alfabeto grego é um símbolo utilizado na estatística para representar o desvio padrão de uma população, um indicador da quantidade de “variação” ou inconsistência em um grupo de itens ou processos. Logo, o nome Seis Sigma, na linguagem estatística, significa seis desvios padrão, implicando em um processo praticamente isento de erros, com 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (CARVALHO e PALADINI, 2012).

A tabela 1, adaptada de Pande et al (2000), mostra a conversão sigma simplificada a partir do rendimento da produção e o DPMO (Defeitos Por Milhão de

Oportunidades), que significa quantos erros iriam aparecer se a atividade fosse repetida um milhão de vezes.

Tabela 1 - Tabela de Conversão Sigma Simplificada

Produção	DPMO	Sigma
30,9	690000	1
69,2	308000	2
93,3	66800	3
99,4	6210	4
99,98	320	5
99,9997	3,4	6

Fonte: Adaptado de Pande et al (2000)

Essa métrica do desempenho Seis Sigma é acompanhada de outras métricas essenciais a partir do pensamento estatístico, como a validação de causas raízes de problemas, identificação de fontes de variações nos processos e a geração de fontes alternativas de melhorias, fazendo com que a iniciativa Seis Sigma seja empregada com sucesso nas estratégias corporativas (ROOS, 2014).

Segundo Perez-Wilson (1999), diferentes interpretações e definições podem ser atribuídas ao Seis Sigma, conforme descrito a seguir:

- Benchmark – Busca-se o nível de excelência em todos os aspectos e o Seis Sigma permite a comparação de vários serviços em uma base comum, sendo utilizado como parâmetro para o nível de qualidade de processos, operações, produtos características, equipamentos, departamentos, entre outros.

- Meta – O Seis Sigma é uma meta de qualidade que está muito próxima de zero defeito, erro ou falha. Em verdade, é um termo estatístico que se refere a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) ou 99,99966% de exatidão no rendimento de um processo.

- Medida – Conforme a Tabela 1, existe grande quantidade de defeitos ou falhas quando o nível sigma é baixo e por isso é uma medida do nível de qualidade.

- Filosofia – O Seis Sigma é uma filosofia de melhoria perpétua e redução da variabilidade nos produtos e processos em uma busca interminável pelo zero defeito, ou seja, pela perfeição.

- Estatística – Avalia o impacto nas especificações e tolerâncias do produto em questão por ser uma estatística calculada para cada característica CTQ (Critical to Quality).

- Estratégia – O Seis Sigma é uma estratégia baseada na relação que existe entre o projeto, a fabricação, a qualidade final e a confiabilidade de um produto. Verifica-se toda a interface de um processo produtivo ou de serviço até chegar ao ponto mais significativo: a satisfação total do cliente.

- Visão – Levar a organização a ser a melhor do ramo é uma visão intrínseca ao Seis Sigma. É uma jornada incansável na busca da perfeição, visando garantir a satisfação total do cliente para que desenvolva o sentimento de fidelidade à marca.

De acordo com PYZDEK (2011), et al, a metodologia Six Sigma é um conjunto de ferramentas e técnicas que maximiza o desempenho em um processo e reduz os defeitos, aumentando a produtividade. É uma metodologia rigorosa, focada e altamente eficaz de princípios e técnicas de qualidade comprovados. Incorporando elementos do trabalho de muitos pioneiros da qualidade. O Six Sigma visa um desempenho empresarial praticamente livre de erros

Apesar do nome, a mágica do Six Sigma não está em estatísticas ou em alarde de alta tecnologia. O Six Sigma depende de métodos testados e comprovados que têm sido usados por décadas. Por algumas medidas, o Six Sigma descarta grande parte da complexidade que caracterizava o Total Quality Management (TQM). O Six Sigma pega um punhado de métodos comprovados e treina um pequeno grupo de líderes técnicos internos, conhecidos como Six Sigma Black Belts, para um alto nível de proficiência na aplicação dessas técnicas. Certamente, alguns dos métodos que os Black Belts usam são altamente avançados, incluindo tecnologia de computador atualizada. Mas as ferramentas são aplicadas dentro de um modelo simples de melhoria de desempenho conhecido como Definir-Medir-Analisar-Melhorar-Controlar, ou DMAIC.

A metodologia Seis Sigma, reconhecida globalmente por sua eficácia na melhoria de processos e na redução de variabilidades, surge como uma solução promissora para enfrentar esse desafio. Com sua abordagem estruturada, baseada no ciclo DMAIC, o Seis Sigma permite uma análise detalhada das causas das não conformidades e a implementação de ações corretivas eficientes.

Ao iniciar um programa de qualidade dentro da organização, fatores críticos de sucesso (FCS) devem ser considerados para que se atinja a excelência

operacional e os desafios inerentes da adoção de uma nova abordagem sejam superados. Julien e Holmshaw (2012) e Wang e Chen (2014) identificam como principais FCS para implantação bem-sucedida de projetos Seis Sigma o envolvimento da alta direção desde a fase de concepção dos processos de gestão até o acompanhamento individual dos projetos a um nível operacional. Para isso, um plano de comunicação é importante para acompanhar e mostrar aos funcionários como a metodologia é desenvolvida, como ela está relacionada às suas atividades e quais as vantagens adquiridas.

Segundo MENEZES (2003): a qualidade como vantagem competitiva demonstra que a organização é capaz de fazer as coisas certas no tempo adequado, evitando perdas e retrabalho. A velocidade como vantagem competitiva permite à empresa produzir mais rapidamente seu produto/serviço. A vantagem competitiva da confiabilidade gera a fidelização de clientes. A vantagem competitiva da flexibilidade permite alterações rápidas e eficazes, mantendo seus padrões de qualidade e prazo. A vantagem competitiva do custo traduz a capacidade que a empresa possui de tornar as coisas mais baratas.

## **2.1. Metodologia DMAIC**

A metodologia DMAIC é um dos pilares fundamentais do Seis Sigma na qual consiste em um processo estruturado e sistemático que visa a melhoria, a qualidade e a eficiência dos processos dentro de uma organização. Ela é usada para resolver problemas complexos, reduzir variações nos processos e melhorar a satisfação do cliente, proporcionando resultados mensuráveis.

Segundo Braitt e Fettermann (2014), o principal objetivo da metodologia DMAIC é a redução das variações, principalmente em processos produtivos de fabricação. Além disso, o aperfeiçoamento através da seleção correta dos processos que possam ser melhorados e das pessoas a serem treinadas a fim de obter os resultados.

Este processo é definido por 5 fases distintas conforme listado abaixo:

- *Define*;
- *Mesure*;
- *Analyse*;

- *Improve*;
- *Control*.

### 2.1.1. *Define*

A primeira etapa do método DMAIC é a etapa “Definir”, que consiste em decidir os requisitos do cliente (voz do cliente). A equipe preparada para aplicar as ferramentas Seis Sigma deve então desenhar os processos críticos, procurando identificar aqueles que têm relação com os característica crítica de qualidade (CTQ) do cliente e que estão gerando resultados ruins, como reclamações de clientes, problemas funcionais, problemas trabalhistas, altos custos de mão de obra, baixa qualidade de suprimentos, erros de forma, ajuste e funcionamento etc.

Nesta etapa, deverão ser respondidas as seguintes questões:

- Qual é o problema - resultado indesejável ou oportunidade detectada - a ser abordado no projeto?
- Qual é a meta a ser atingida?
- Quais são os clientes/consumidores afetados pelo problema?
- Qual é o processo relacionado ao problema?
- Qual é o impacto econômico do projeto?

### 2.1.2. *Measure*

Na segunda etapa do DMAIC, o problema deverá ser refinado ou focalizado. Para isso, as duas questões abaixo devem ser respondidas:

- Que resultados devem ser medidos para a obtenção de dados úteis à focalização do problema?
- Quais são os focos prioritários do problema? (Os focos são indicados pela análise dos dados gerados pela medição de resultados associados ao problema.)

Por meio das atividades realizadas nessa etapa, o problema do projeto poderá ser dividido em outros problemas de menor escopo ou mais específicos, de mais fácil solução.

Perguntas-chave do *Measure*:

- Como o problema pode ser estratificado? Isto é, quais são os fatores de estratificação?
- Existem dados históricos confiáveis para a estratificação do problema? Como esses dados foram coletados?
- Caso não existam dados históricos, como os novos dados serão coletados?
- Quais são os focos do problema (estratos mais significativos)?
- Como os focos se comportam ao longo do tempo (análise de variação dos focos)?
- Quais são as metas específicas para cada um dos focos do problema?
- As metas específicas são suficientes para o alcance da meta geral?
- As metas específicas pertencem à área de atuação da equipe?

### 2.1.3. *Analyse*

Na terceira etapa do DMAIC, deverão ser determinadas as causas fundamentais do problema prioritário associado a cada uma das metas definidas na etapa anterior. Isto é, nesta etapa, para cada meta, será respondida à pergunta: por que o problema prioritário existe?

Perguntas-chave do *Analyse*:

- Qual o processo gerador do problema?
- Quais são as causas potenciais que mais influenciam o problema?
- É necessário revisar o Mapa de Processo?
- As causas potenciais foram priorizadas?
- As causas potenciais foram comprovadas (quantificadas)?
- Quais são as causas fundamentais?

### 2.1.4. *Improve*

Na quarta etapa do DMAIC, inicialmente devem ser geradas ideias sobre soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário detectadas na etapa *Analyse*.

Perguntas-chave do *Improve*:

- Quais são as possíveis soluções?
- Será necessário priorizar as soluções?

- As soluções priorizadas apresentam algum risco?
- Será necessário testar as soluções?
- Como os testes serão executados?
- Quais os resultados dos testes?
- Qual o plano de ação para implementar as soluções em larga escala?
- As ações foram implementadas conforme planejado?
- As metas específicas foram alcançadas?

#### 2.1.5. Control

A primeira fase da quinta etapa do DMAIC consiste na avaliação do alcance da meta em larga escala. Com esse objetivo, os resultados obtidos após a ampla implementação das soluções devem ser monitorados para a confirmação do alcance do sucesso.

Perguntas-chave do Control:

- A meta global foi alcançada?
- Foi obtido o retorno financeiro previsto?
- Foram criados ou alterados padrões para a manutenção dos resultados?
- As pessoas das áreas envolvidas com o cumprimento dos novos padrões foram treinadas?
- Quais variáveis do processo serão monitoradas e como elas serão acompanhadas?
- Como será o acompanhamento do processo com base no sistema de monitoramento (planos de manutenção corretiva e preventiva)?
- O que foi aprendido e quais as recomendações da equipe?

### 3. METODOLOGIA

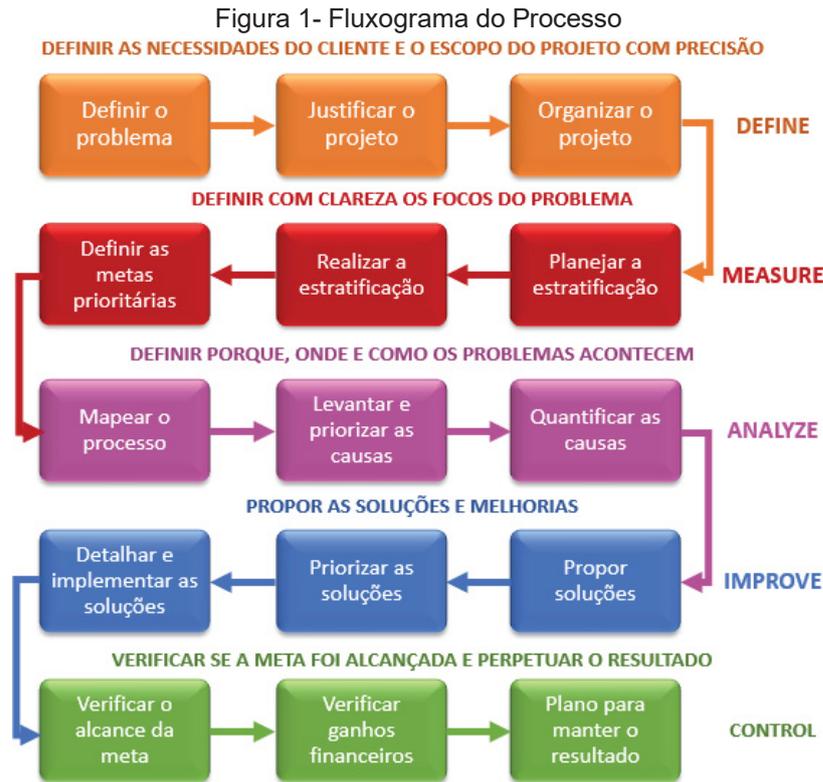
A metodologia utilizada para a realização desse trabalho é o método de estudo de caso. Com base na pesquisa bibliográfica, com esse método pode-se tomar decisões com maior precisão em relação ao desempenho do processo, definindo metas, análises de causas e elaboração de planos de ações mais assertivos.

De acordo com o Gil (2009), os estudos de caso possibilitam estudar em profundidade o grupo, organização ou fenômeno, considerando suas múltiplas dimensões. Neste aspecto, apresentam notável vantagem em relação aos levantamentos que embora caracterizados pela precisão, fornecem informações bem mais superficiais, pois, de modo geral, se fundamentam na utilização de uma única técnica de coleta de dados como questionário ou entrevista, já os estudos de caso por se referirem a um ou poucos objetos, possibilitam a utilização de instrumentos e conferem maior profundidade aos dados.

#### 3.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada com o objetivo de identificar a performance da linha de produção de pintura líquida e monitorar as não conformidades ocorridas ao longo de 9 meses, desde junho de 2023 até fevereiro de 2024.

Esses dados foram coletados diretamente do sistema de gestão da qualidade da Magius, que registra as peças produzidas e suas respectivas não conformidades.



FONTE: O autor (2024)

### 3.1. FASE DEFINIR

#### 3.1.1. Descrição do Problema

O projeto de redução no número de não conformidades na pintura surgiu de uma parceria que a Magius possui com um de seus clientes, no qual a empresa precisa apresentar a cada ano um projeto Seis Sigma. Diante disso, o cliente nos passou o desafio de eliminar o modo de falha que causa o maior transtorno em campo, o desplaque de pintura. Além da complicação que esse tipo de problema causa no cliente, internamente essa situação gera grande estresse na linha de produção pois uma vez encontrada uma peça com desplaque de tinta, todo o lote produzido fica sob suspeita, exigindo a atenção de todos para identificar e segregar as peças não conformes. Para avançar na investigação das causas desse tipo de não conformidade, é essencial que qualquer problema que exija retrabalho seja analisado; isso porque retrabalhos mal executados são a principal causa do desplaque da tinta. Portanto, esse trabalho será realizado pensando não somente na dor do cliente, mas em todos os modos de falha que necessitem de retrabalho e que conseqüentemente

seja um potencial fonte de des plaque. Com esse cenário, iniciamos o projeto, cumprindo cada passo das 5 fases da metodologia DMAIC.

### 3.1.2. Métrica

A métrica utilizada para mensurar o resultado do projeto foi dado pelo somatório de peças produzidas não conformes pelo somatório de peças produzidas na Pintura Líquida:

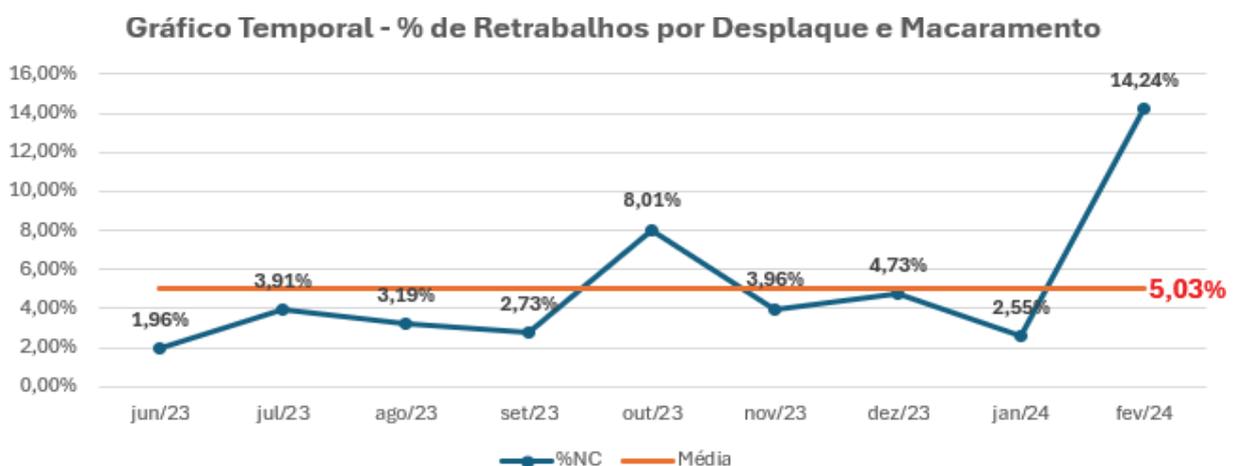
$$\% \text{ PEÇAS NC} = \frac{\sum \text{ DE PEÇAS NC}}{\sum \text{ TOTAL DE PEÇAS PRODUZIDAS}} \times 100$$

### 3.1.3. Coleta de dados

A coleta desses dados foi realizada através do sistema de qualidade da Magius chamado MES. Esse software monitora, rastreia, documenta e controla todo o ciclo de vida da produção de uma indústria. O MES é um elo entre a gestão de operações e a execução da fabricação, conectando e otimizando as diferentes áreas da fábrica.

Considerando-se os 9 meses anteriores ao início do projeto, índice de não conformidades da Magius tem se comportado da seguinte forma:

FIGURA 2 – Gráfico Temporal de Retrabalho

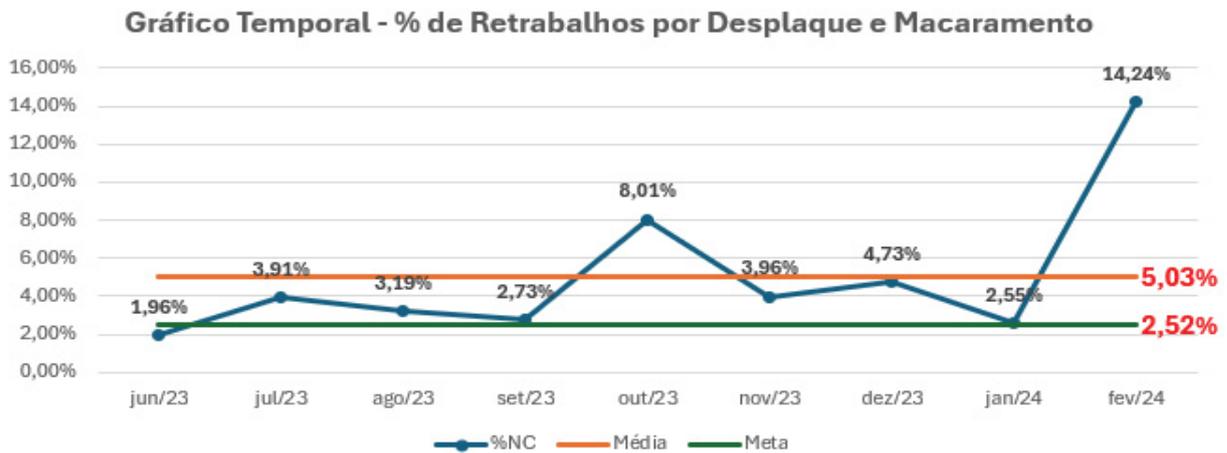


FONTE: O autor (2024)

### 3.1.4. Meta

A meta adotada para ser alcançada foi a redução de 50% no índice de não conformidades da pintura.

FIGURA 3 – Gráfico Temporal de Retrabalho (média)



FONTE: O autor (2024)

Ao finalizar o projeto, estima-se uma redução nos custos de retrabalho na casa dos 50%, passando dos R\$ 37.268,86 atuais, para R\$ 18.634,43.

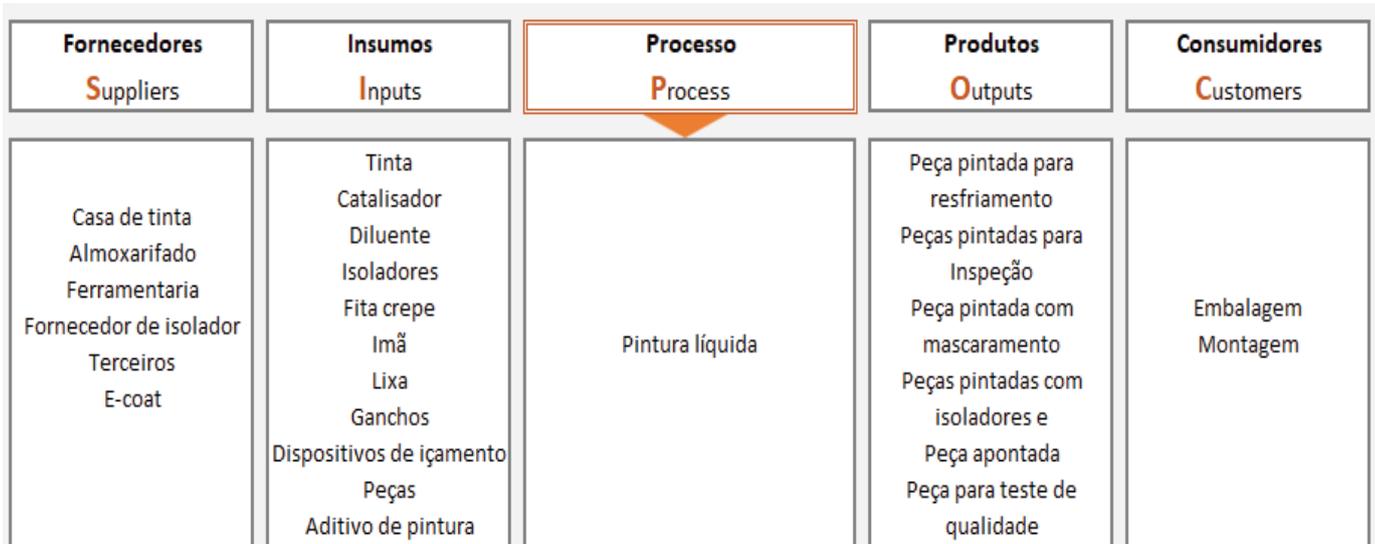
Com esses dados em mãos, conclui-se que o projeto deve ser implementado, pois estes modos de falha impactam diretamente na qualidade do cliente e consequentemente na relação comercial entre Magius e clientes.

Com a diminuição desse modo de falha, além dos benefícios financeiros, o processo terá maior disponibilidade (OEE), aumento da credibilidade frente a todos os clientes e possibilidade de novos projetos no futuro.

### 3.1.5. Diagrama Sipoc

De acordo com Eckes (2001), o objetivo desta ferramenta é criar uma representação de como o processo opera para que se possa determinar o que não está funcionando. O SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) é uma ferramenta simples e eficaz para mapear processos de maneira macro. Ela ajuda a identificar e visualizar os principais elementos de um processo, desde os fornecedores até os clientes finais.

FIGURA 4 – Diagrama SIPOC

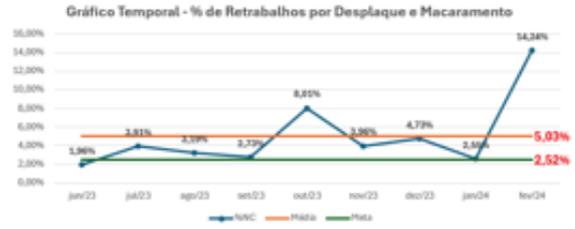


FONTE: O autor (2024)

### 3.1.6. Project Charter

Com a finalidade de apresentar os objetivos, assim como os indicadores, restrições e responsáveis do projeto, foi elaborado o Project Charter, que é um contrato que envolve a equipe responsável pelo projeto e os gestores da empresa (WERKEMA, 2004).

FIGURA 5 – Project Charter

  					
<b>Projeto Lean Seis Sigma</b> <b>Project charter</b>					
Título do Projeto:	Redução de não conformidades no processo de pintura líquida				
Champion Responsável:	Valnei Colle				
Líder do Projeto:	Felipe Bortoletto				
<b>Descrição do Problema/Oportunidade:</b> Encontrado no cliente DAF, peças com problemas de descolagem de pintura. Este modo de falha (descolagem de tinta) exerce grande impacto na linha de pintura da Magius, pois a sua detecção é complexa, colocando todo o lote sob suspeita					
<b>Definição da Meta</b> Diminuir o índice de retrabalho médio de 5,03% para 2,52%, com uma redução de 50% dos modos de falha, (deslocamento)					
<b>Avaliação do Histórico do Problema</b> Houve uma crescente no número de não conformidades nesses 2 modos de falha a partir do mês de julho de 2023.					
					
Diminuir o índice de retrabalho médio de 5,03% para 2,52%, com uma redução de 50% dos modos de falha, (deslocamento e mascaramento)					
<b>Restrições e Suposições</b> Restrição: Detalhamento dos custos do processo, dificuldade de aceitação por parte dos colaboradores das alterações do processo. Suposição: Investimento em novas tecnologias (Robô de pintura, enclausuramento completa da linha)					
<b>Equipe de Trabalho</b> Felipe Bortoletto - Líder de projeto Rafael Chenchuk Paulo Negozecki Adilson Porfírio					
<b>Cronograma Preliminar</b>					
<b>Define</b>	11/03/24	<b>Análise</b>	13/05/24	<b>Contro</b>	15/07/24
<b>Measur</b>	11/04/24	<b>Improv</b>	24/06/24		
Assinatura Champion			Assinatura líder de equipe		

FONTE: O autor (2024)

### 3.2. FASE MEDIR

Na fase medir, o objetivo principal é coletar e analisar dados para entender o desempenho atual da linha de pintura e quantificar o problema de não conformidades. Com essas informações, será possível identificar as principais variáveis que afetam a qualidade e o índice de defeitos, estabelecendo uma linha de base para o processo.

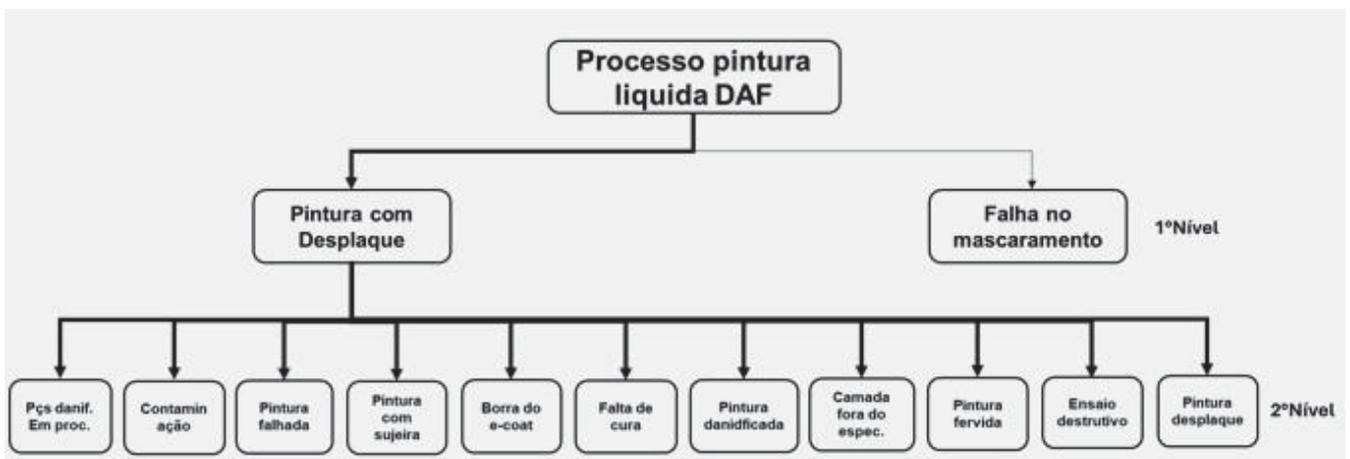
Nesta fase, problema foi estratificado em dois níveis de acordo com não conformidades ocorridas internamente. Os problemas identificados foram

desmembrados em 13 possíveis causas das não conformidades conforme ilustradas na árvore de estratificação.

### 3.2.1. Árvore de estratificação

De acordo com Werkema (2004), o diagrama de árvore é utilizado para definir a estratégia para solucionar um problema, por meio do mapeamento detalhado dos caminhos a serem percorridos até o alcance do objetivo. Portanto, um diagrama de árvore ajuda a vincular características gerais com requisitos e atributos específicos (PANDE et al, 2000).

FIGURA 6 – Árvore de Estratificação



FONTE: O autor (2024)

Para mensurar a árvore de estratificação, foram montados dois paretos, um para cada nível.

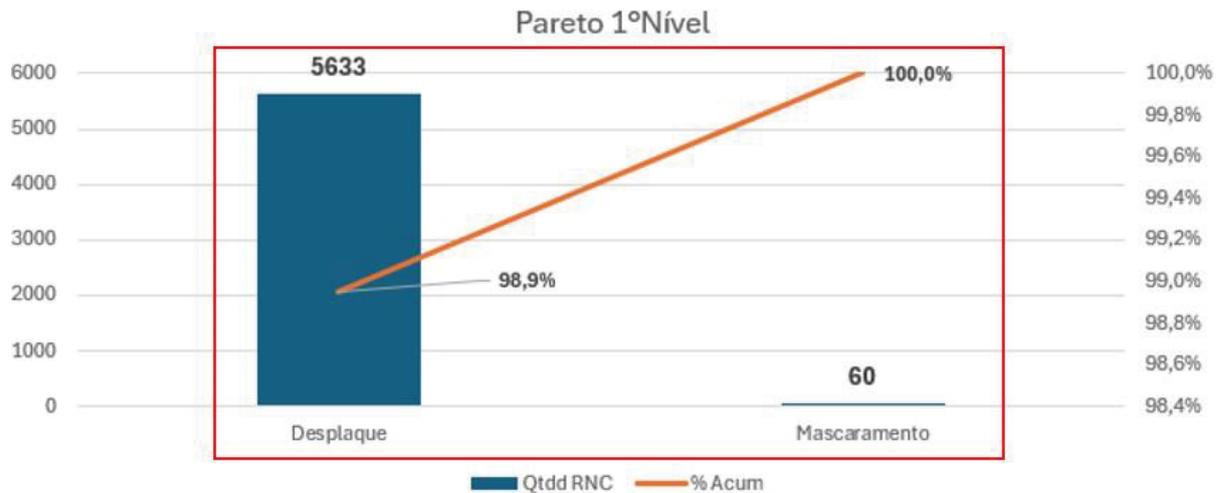
### 3.2.2. Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é uma representação gráfica que ordena as causas ou problemas em ordem decrescente de frequência ou impacto, permitindo visualizar rapidamente quais problemas são mais importantes.

3.2.2.1. Pareto de 1º nível

A análise do Pareto de primeiro nível foi realizada com o objetivo de identificar as principais causas de defeitos no processo de pintura. Com base nos dados coletados sobre os defeitos encontrados, o gráfico mostrado na figura 7 revelou que 98,9% dos defeitos podem gerar o deslaque da tinta.

FIGURA 7 – Gráfico de Pareto de 1º Nível

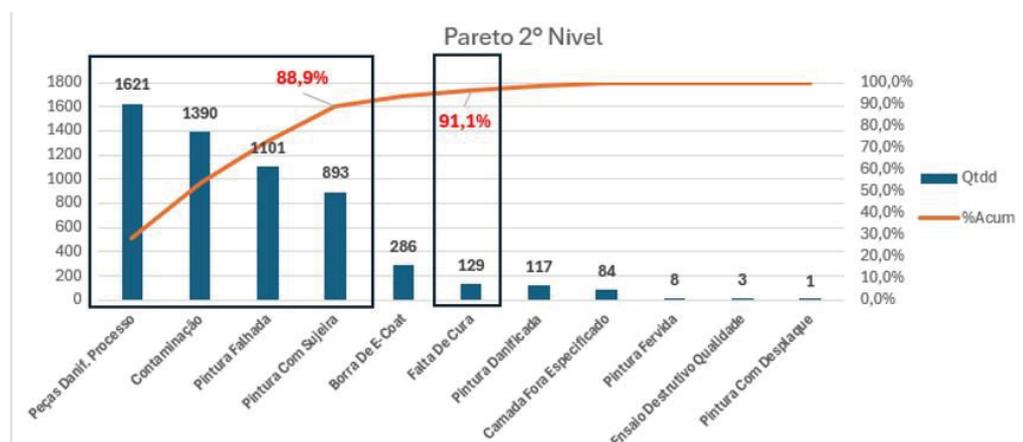


FONTE: O autor (2024)

3.2.2.2.- Pareto de 2º nível

Após estratificação do modo de falha de Deslaque de pintura, concluímos conforme demonstrado na figura 8 que 91,1% das possíveis causas estão relacionadas aos 5 modos de falha indicados no gráfico acima.

FIGURA 8 – Gráfico de Pareto de 2º Nível



FONTE: O autor (2024)

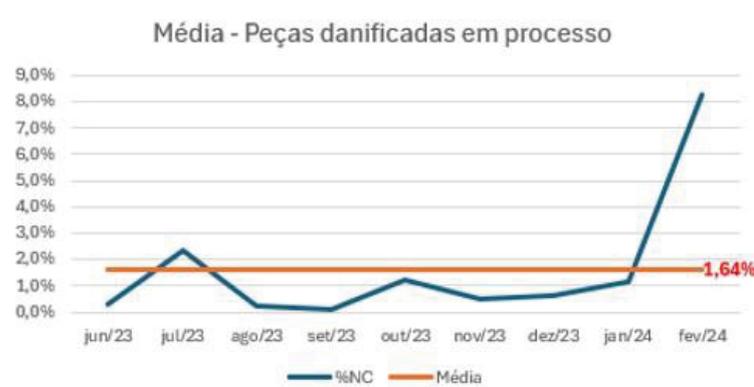
### 3.2.3. Análise de variação dos focos de não conformidades

Analisando-se o gráfico de pareto acima, verifica-se que aproximadamente 91,1% das não conformidades no setor de pintura vem desses 5 modos de falha:

#### - Peças danificadas em processo

Conforme demonstrado na figura 9, entre o mês de junho e agosto tivemos um pico significativo acima da média. Tivemos uma queda após esse período se mantendo até início de janeiro, posteriormente tivemos um aumento novamente ficando acima da média.

FIGURA 9 – Gráfico da Média de Peças Danificadas em Processo



FONTE: O autor (2024)

Conforme o gráfico nos mostra, entre o mês de junho e agosto tivemos um pico significativo acima da média. Tivemos uma queda após esse período se mantendo até início de janeiro, posteriormente tivemos um aumento novamente ficando acima da média.

#### - Contaminação

Conforme a figura 10, no período de julho a setembro e no mês de outubro, tivemos um pico significativo acima da média, que posteriormente se manteu próximo ou abaixo da média.

FIGURA 10 – Gráfico da Média de Peças Contaminadas



FONTE: O autor (2024)

## - Pintura falhada

De acordo com a figura 11, no período de setembro a dezembro, tivemos um pico significativo acima da média, que posteriormente teve uma queda em dezembro e voltando a ter um pico acima da média em janeiro.

FIGURA 11 – Gráfico de Pintura falhada



FONTE: O autor (2024)

## - Pintura com sujeira

De acordo com o que a figura 12 nos mostra, no período de setembro a novembro tivemos um pico significativo acima da média, que posteriormente teve uma queda em novembro e voltando a ter um pico acima da média em dezembro.

FIGURA 12 – Gráfico de Pintura com Sujeira

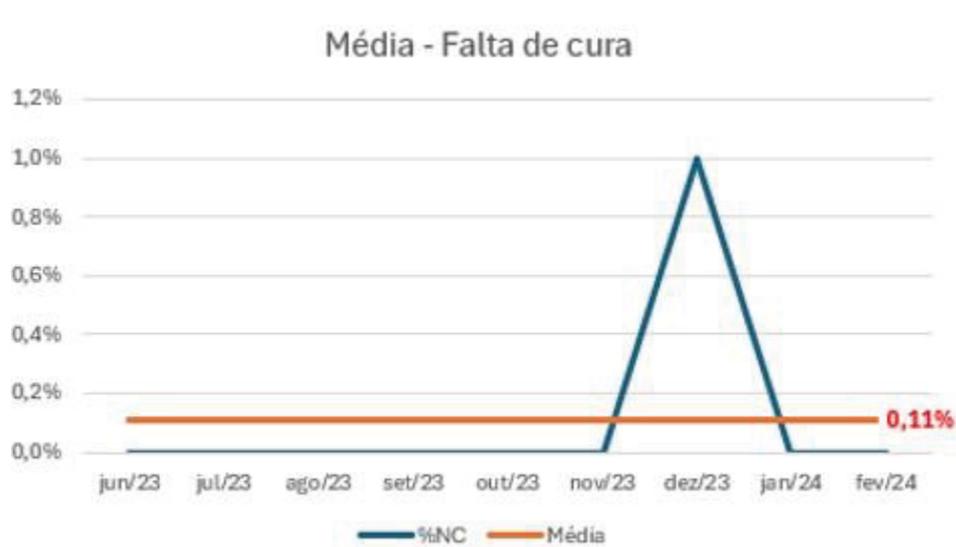


FONTE: O autor (2024)

## - Falta de cura

Analisando-se a figura 13, tivemos registros somente de novembro a dezembro, sendo um índice muito acima da média, demonstrando ser uma falha pontual no processo.

FIGURA 13 – Gráfico de Pintura com Sujeira



FONTE: O autor (2024)

Analisando-se a figura 13, tivemos registros somente de novembro a dezembro, sendo um índice muito acima da média, demonstrando ser uma falha pontual no processo.

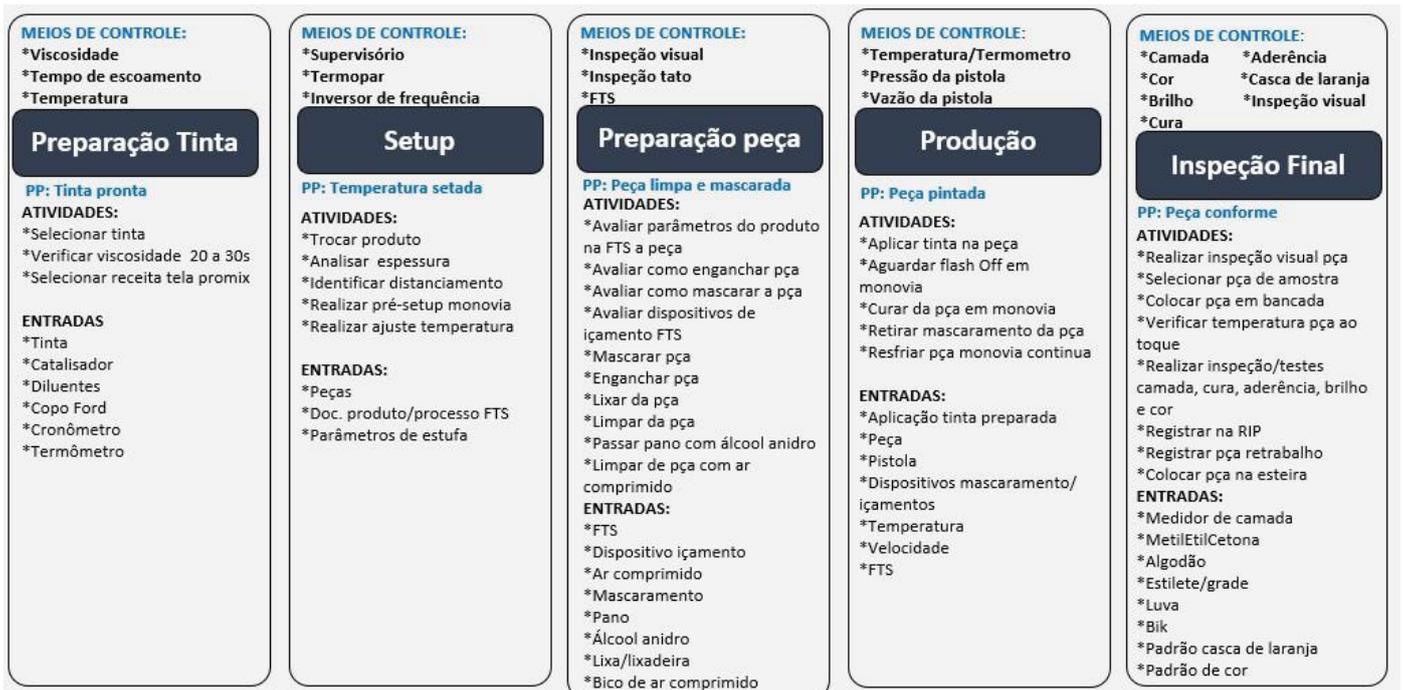
### 3.3. FASE ANALISAR

Nesta fase, o objetivo é identificar as causas principais dos problemas identificados na fase *Measure*. Para isso, é realizada uma análise detalhada dos dados coletados para descobrir por que o processo está gerando defeitos ou não conformidades.

#### 3.3.1. Mapa de Processos

Nesta fase, iniciamos o mapeamento do processo em que nele as etapas foram divididas em 5 operações demonstrando-se os meios de controle, as entradas e atividades pertinentes a cada etapa do processo, possibilitando visualizar as variáveis de cada operação.

FIGURA 14 – Mapa de Processos



FONTE: O autor (2024)

### 3.3.2. Mapa de variáveis

Com o mapa de variáveis em mãos, foi montado o Mapa de Variáveis que contemplam as etapas do Mapa de Processos, onde nelas podemos categorizar os meios de controle, as atividades e a caracterização entre Característica Crítica (\*) e Ruídos do processo (\*) e Controláveis do processo (C)

FIGURA 15 – Mapa de variáveis



FONTE: O autor (2024)

### 3.3.3. Brainstorm

Com o objetivo de identificar possíveis causas de defeitos ou encontrar ideias para reduzir o índice de não conformidade, foi reunida uma equipe multidisciplinar para identificar possíveis causas de defeitos e encontrar ideias para reduzir o índice de não conformidades no processo. Dentre eles estiveram presentes:

- Líderes;
- Operadores;
- Pintores;
- Técnicos de qualidade;
- Técnicos de processos.

Dentre os modos de falhas, as seguintes hipóteses foram levantadas:

- Peças danificadas em processo
- Transbordo de peças entre embalagens;
- Queda de peças no estoque vertical;
- Transporte;
- Uso de embalagem alternativa;

- Falta de espaço físico;
- Falta de tempo de resfriamento das peças;
- Falta do seguimento do plano de embalagem.
- Contaminação
- Excesso de vaselina da cabine de pintura;
- Pano sujo;
- Manuseio de peças sem luvas;
- Estoque intermediário;
- Ar comprimido contaminado;
- Tinta contaminada;
- Excesso de graxa na monovia;
- Mangueira impregnada de tinta.
- Sujeira
- Monovia suja;
- Estufa líquida suja;
- Estufa e-coat suja;
- Pano sujo;
- Trânsito de empilhadeiras;
- Trânsito de carrinho de limpeza;
- Poeira de lixamento;
- Mangueira impregnada de tinta;
- Dispositivo sujo;
- Sujeira na tinta;
- Estoque intermediário;
- Borra de e-coat.
- Falta de cura
- Catálise errada;
- Parâmetros temperatura da estufa errados;
- Velocidade da monovia;
- Falha no queimador;
- Set up incorreto (espaçamento entre peças)

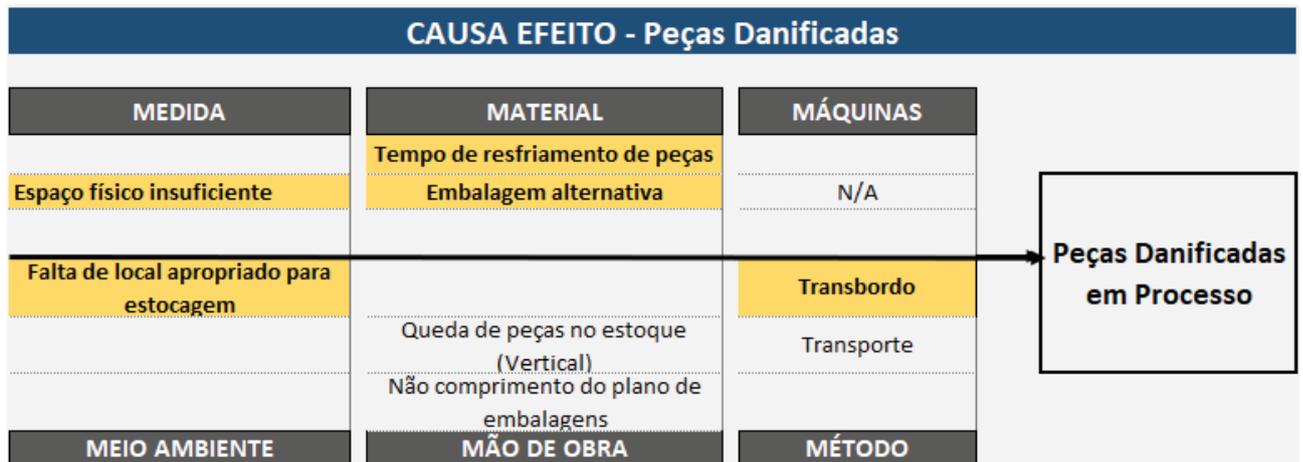
### 3.3.4. Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito foi utilizado para identificar os potenciais causas das não conformidades no processo, como a ocorrência de defeitos, retrabalhos ou falhas no acabamento, que impactam diretamente a qualidade do produto final.

Para cada modo de falha, foi elaborado um diagrama:

- Peças danificadas

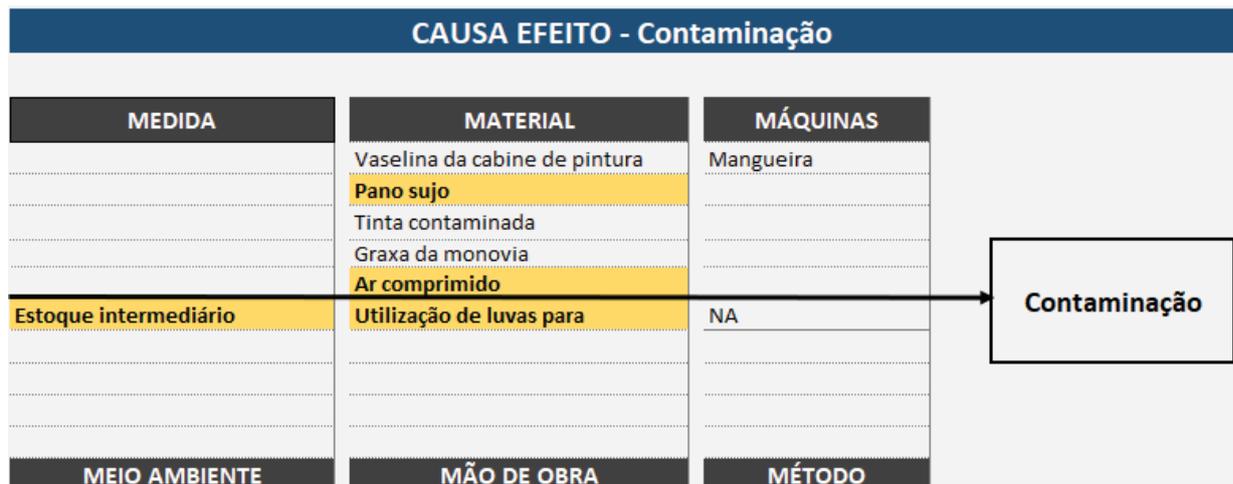
FIGURA 16 – Diagrama de causa e efeito para peças danificadas



FONTE: O autor (2024)

- Peças contaminadas

FIGURA 17 – Diagrama de causa e efeito para contaminação



FONTE: O autor (2024)

- Pintura Falhada

FIGURA 18 – Diagrama de causa e efeito para pintura falhada



FONTE: O autor (2024)

- Pintura com Sujeira

FIGURA 19 – Diagrama de causa e efeito para pintura com sujeira



FONTE: O autor (2024)

- Falta de cura

FIGURA 20 – Diagrama de causa e efeito para falta de cura



FONTE: O autor (2024)

### 3.3.5. Priorização das causas

A priorização das causas é um passo essencial para garantir que os esforços de melhoria sejam direcionados de forma eficiente. Com intuito de identificar e organizar, de forma hierárquica, as causas mais relevantes de um problema, essa técnica concentra esforços nas causas que têm maior impacto. Essa etapa é crucial após a identificação dos potenciais causas.

TABELA 2 – Priorização das causas

Peças danificadas	Contaminada	Falhada	Sujeira	Falta de cura	CAUSA FUNDAMENTAIS	DESCRIÇÃO DA CAUSA
X					Espaço físico insuficiente	Super produção de itens gerando falta de espaço de armazenamento
X					Falta de local apropriado para estocagem	Excesso de produção / Geometria complexa para armazenamento
X					Tempo de resfriamento de peças	Temperatura das peças inadequada para processo de embalagem
X					Embalagem alternativa	Utilização de embalagem alternativa por falta de embalagem do cliente
X					Transbordo	Processo de troca de embalagem alternativa para embalagem do cliente
	X		X		Pano sujo	Tempo de uso
	X				Ar comprimido	Falha no sistema de purga
		X			Baixa pressão da pistola	Mal dimensionamento do equipamento
		X			Baixa vazão	Falta de instrução e padronização
		X			Falha na aplicação do pintor	Treinamento e praticas de aplicação
		X			Ausência de feedback para o pintor	O pintor muitas vezes não sabe se está pintando conforme especificado
			X		Monovia pintura líquida	Falta de eficiência na limpeza
			X		Estufa ecoat	Falta de troca dos componentes internos
			X		Poeira de lixamento	Local inapropriado para atividade
			X		Falha no lixamento	O lixamento em linha geram sujidades que atingem as peças, ocasionando retrabalho por sujeira, que posteriormente na falta
			X		Sujeira no ambiente	Alto fluxo de empilhadeiras, caixas com sujidades
				X	Parâmetros da estufa (Temperatura)	Não seguimento do procedimento

Causas comprovadas

- Espaço físico insuficiente

FIGURA 21 – Evidência e comprovação de espaço físico insuficiente

Evidência	Comprovação
	
<p>Peças alocadas no estoque de produtos acabados</p>	<p>Peças alocadas em tendas improvisadas</p>

FONTE: O autor (2024)

- Falta de local apropriado

FIGURA 22 – Evidência e comprovação de falta de local apropriado

Evidência	Comprovação
	
<p>Peças alocadas no estoque de produtos acabados</p>	<p>Peças alocadas em locais inadequados</p>

FONTE: O autor (2024)

- Embalagem alternativa

FIGURA 23 – Evidência e comprovação de embalagem alternativa

Evidência	Comprovação
 <p><b>MAGIUS</b> <b>PLANO DE EMBALAGEM</b></p> <p>Imagem da embalagem: </p> <p>Imagem da peça: </p> <p>Cliente: SCANIA</p> <p>Número da peça: 1894196</p> <p>Peças/embalagem: 6</p> <p>Peso da peça: 20,00 kg</p> <p>Peso da embalagem: 57,30 kg</p> <p>Dimensões da embalagem C x L x A: 1200 x 800 x 720 mm</p> <p>Peso total: 177,30 kg</p>	
<p>Peças embaladas conforme plano de embalagem do cliente</p>	<p>Peça fora do Plano de embalagem</p>

FONTE: O autor (2024)

- Pano sujo

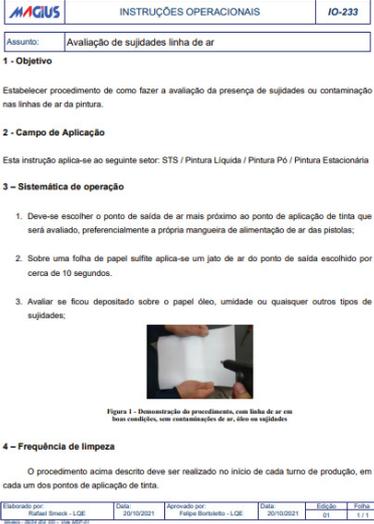
FIGURA 24 – Evidência e comprovação de pano sujo

Evidência	Comprovação
	
<p>Pano limpo no posto de trabalho</p>	<p>Pano sujo</p>

FONTE: O autor (2024)

- Falha no sistema de purga

FIGURA 25 – Evidência e comprovação de falha no sistema de purga

Evidência	Comprovação
 <p><b>INSTRUÇÕES OPERACIONAIS IO-233</b></p> <p>Assunto: Avaliação de sujidades linha de ar</p> <p><b>1 - Objetivo</b></p> <p>Estabelecer procedimento de como fazer a avaliação da presença de sujidades ou contaminação nas linhas de ar da pintura.</p> <p><b>2 - Campo de Aplicação</b></p> <p>Esta instrução aplica-se ao seguinte setor: STS / Pintura Líquida / Pintura Pó / Pintura Estacionária</p> <p><b>3 - Sistemática de operação</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deve-se escolher o ponto de saída de ar mais próximo ao ponto de aplicação de tinta que será avaliado, preferencialmente a própria mangueira de alimentação de ar das pistolas;</li> <li>2. Sobre uma folha de papel sulfite aplica-se um jato de ar do ponto de saída escolhido por cerca de 10 segundos.</li> <li>3. Avaliar se ficou depositado sobre o papel óleo, umidade ou quaisquer outros tipos de sujidades.</li> </ol>  <p>Figura 1 - Demonstração de procedimento, com linha de ar em boas condições, sem condensações de ar, óleo ou sujidades</p> <p><b>4 - Frequência de limpeza</b></p> <p>O procedimento acima descrito deve ser realizado no início de cada turno de produção, em cada um dos pontos de aplicação de tinta.</p> <p>Elaborado por: Rafael Simões - LGE    Data: 20/10/2021    Aprovado por: Felipe Bortolotto - LGE    Data: 20/10/2021    Edição: 01    Folha: 111</p>	
<p>Instrução operacional para avaliação de contaminantes na linha de ar comprimido</p>	<p>Linha de ar comprometido com condensado</p>

FONTE: O autor (2024)

- Falta de eficiência na limpeza

FIGURA 26 – Evidência e comprovação de falta de eficiência na limpeza

Evidência	Comprovação
	
<p>Monovia de pintura limpa</p>	<p><i>Sujeira na peça devido a monovia suja</i></p>

FONTE: O autor (2024)

- Local inapropriado para lixamento

FIGURA 27 – Evidência e comprovação de local inapropriado para lixamento

Evidência	Comprovação
	
<p><i>Lixamento realizado na linha de pintura</i></p>	<p><i>Peira proveniente do lixamento</i></p>

FONTE: O autor (2024)

- Pintura falhada

FIGURA 28 – Evidência e comprovação de pintura falhada

Evidência	Comprovação																																																																																																																																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="162 1227 322 1352">  <p>CUENTE: DAF PONTA GR ITEM: 2354435 DESENHO: DAF 2354435 REVISÃO DESENHO: 01 DATA ORIGINAL: 21/11/2022</p> </div> <div data-bbox="564 1227 839 1352"> <p>MAGIUS METALURGICA INDUSTRIAL LTDA <b>FOLHA DE PROCESSO - PLANO DE CONTROLE</b> CONJUNTO: 2354435 PESO BRUTO: Conf. Lista de Componentes PESO LÍQUIDO: 1,14300 EDIÇÃO PEÇA: 01 ELABORAÇÃO: MATEUS O./THOMAS/LIZANDRO</p> </div> </div> <table border="1" data-bbox="162 1361 839 1666"> <thead> <tr> <th>OP</th> <th>DESCRIÇÃO</th> <th>GR MQ</th> <th>FERR</th> <th>DES DE REF</th> <th>CLASS</th> <th>CARAC DE PROD</th> <th>CARAC/ESPEC DE PROD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>RECEBIMENTO FILIAL</td> <td>19601</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Recebimento</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>PINTAR E-COAT</td> <td>G06001</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>Instr. Setup 31</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>Pintar E-coat</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>FTS 2354435</td> <td>Pintar E-coat</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>Movimentar P/ Linha pintura Liquida</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>PINTAR LIQUIDA</td> <td>G06003</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>Instr. Setup 11</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Pintar Liquida</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>FTS 2354435</td> <td>Pintar Liquida</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Inspeccionar</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>P19</td> <td>Camada 45µm a 70µm</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Inspeccionar</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>P21</td> <td>Aderência: GR1 Máx</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Inspeccionar</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>P15</td> <td>Enfriamento</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Inspeccionar</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>146</td> <td>Aspecto: Normal</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Inspeccionar</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>Ausência de Rebarbas</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Inspeccionar</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>Existência de Todos os Furos</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Inspeccionar</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>Ausência De Trincas</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Inspeccionar</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>Tratamento Superficial (Uniforme)</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Movimentar P/ Embalagem</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px;"> <p><b>Pintar Liquida</b> <b>Camada 45µm a 70µm</b></p> </div>	OP	DESCRIÇÃO	GR MQ	FERR	DES DE REF	CLASS	CARAC DE PROD	CARAC/ESPEC DE PROD	2	RECEBIMENTO FILIAL	19601	-	-	-	-	-	2	Recebimento	-	-	-	-	-	-	15	PINTAR E-COAT	G06001	-	-	-	Instr. Setup 31	-	15	Pintar E-coat	-	-	-	-	FTS 2354435	Pintar E-coat	15	Movimentar P/ Linha pintura Liquida	-	-	-	-	-	-	20	PINTAR LIQUIDA	G06003	-	-	-	Instr. Setup 11	-	20	Pintar Liquida	-	-	-	-	FTS 2354435	Pintar Liquida	20	Inspeccionar	-	-	-	-	P19	Camada 45µm a 70µm	20	Inspeccionar	-	-	-	-	P21	Aderência: GR1 Máx	20	Inspeccionar	-	-	-	-	P15	Enfriamento	20	Inspeccionar	-	-	-	-	146	Aspecto: Normal	20	Inspeccionar	-	-	-	-	-	Ausência de Rebarbas	20	Inspeccionar	-	-	-	-	-	Existência de Todos os Furos	20	Inspeccionar	-	-	-	-	-	Ausência De Trincas	20	Inspeccionar	-	-	-	-	-	Tratamento Superficial (Uniforme)	20	Movimentar P/ Embalagem	-	-	-	-	-	-	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">   </div>
OP	DESCRIÇÃO	GR MQ	FERR	DES DE REF	CLASS	CARAC DE PROD	CARAC/ESPEC DE PROD																																																																																																																																		
2	RECEBIMENTO FILIAL	19601	-	-	-	-	-																																																																																																																																		
2	Recebimento	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																		
15	PINTAR E-COAT	G06001	-	-	-	Instr. Setup 31	-																																																																																																																																		
15	Pintar E-coat	-	-	-	-	FTS 2354435	Pintar E-coat																																																																																																																																		
15	Movimentar P/ Linha pintura Liquida	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																		
20	PINTAR LIQUIDA	G06003	-	-	-	Instr. Setup 11	-																																																																																																																																		
20	Pintar Liquida	-	-	-	-	FTS 2354435	Pintar Liquida																																																																																																																																		
20	Inspeccionar	-	-	-	-	P19	Camada 45µm a 70µm																																																																																																																																		
20	Inspeccionar	-	-	-	-	P21	Aderência: GR1 Máx																																																																																																																																		
20	Inspeccionar	-	-	-	-	P15	Enfriamento																																																																																																																																		
20	Inspeccionar	-	-	-	-	146	Aspecto: Normal																																																																																																																																		
20	Inspeccionar	-	-	-	-	-	Ausência de Rebarbas																																																																																																																																		
20	Inspeccionar	-	-	-	-	-	Existência de Todos os Furos																																																																																																																																		
20	Inspeccionar	-	-	-	-	-	Ausência De Trincas																																																																																																																																		
20	Inspeccionar	-	-	-	-	-	Tratamento Superficial (Uniforme)																																																																																																																																		
20	Movimentar P/ Embalagem	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																		
<p><b>Camada especificada</b></p>	<p><b>Camada encontrada</b></p>																																																																																																																																								

FONTE: O autor (2024)

### 3.4. FASE MELHORAR

Dando sequência na metodologia DMAIC, a quarta etapa do ciclo é chamada de fase *improve* e tem como objetivo o desenvolvimento e implementação de soluções para resolver as causas raízes identificadas durante a fase de *Analyze*. Nesta fase, o objetivo é criar mudanças que eliminem ou minimizem as variabilidades e problemas, visando melhorias mensuráveis no processo.

Dentre as causas listadas na fase *Analyze*, propostas as soluções listadas abaixo:

TABELA 3 – Causas fundamentais e suas propostas

Nº	Peças danificadas	Contaminada	Falhada	Sujeira	Falta de cura	CAUSA FUNDAMENTAIS	POSSIVEL SOLUÇÃO
1	X					Espaço físico insuficiente	Produção sob demanda
2	X					Falta de local apropriado para estocagem de peças complexas	Layout apropriado para peças com geometria complexa
3	X					Tempo de resfriamento de peças	1-Aquisição de pistola para medição de temperatura 2-Melhoria na Instrução de trabalho 3-Instalação de varal de peças
4	X					Embalagem alternativa	Nivelamento da produção
5	X					Transbordo	Capacitação de operadores para realização do transbordo
6		X		X		Pano sujo	Instrução de limpeza de peças, método de avaliação para troca de pano
7		X				Ar comprimido	Instrução de teste prático de teste de óleo na linha
8			X			Baixa pressão da pistola	Equalização da pressão do sistema
9			X			Baixa vazão	Procedimento dos parâmetros de vazão
10			X			Falha na aplicação do pintor	1-Padronização da pintura 2-Treinamento
11			X			Ausência de feedback de performance dos pintores	Implementação de indicador de performance dos pintores
12				X		Monovia pintura líquida	Desenvolvimento de equipamento apropriado para limpeza
13				X		Estufa ecoat	Manutenção dos componentes internos
14				X		Poeira de lixamento	1-Local apropriado para lixamento de retrabalho 2-Equipamento apropriado(lixadeira)
15				X		Falha no lixamento	Capacitação de operador para retrabalho de peças
16				X		Sujeira no ambiente	Rotina de limpeza com aspirador
17					X	Parametros da estufa (Temperatura)	Receita de estufa com senha

#### - Causa Nº 1 – Espaço físico insuficiente

Para esta causa, a proposta apresentada foi a de produzir sob demanda, conforme solicitação do cliente, respeitando o lead time da peça. Porém, não foi possível implementar essa solução devido à complexidade logística que a Magius enfrenta nesse momento. Porém, está em curso a construção de um novo Hub logístico que

tem como objetivo a distribuição estratégica das mercadorias de diferentes fornecedores e clientes.

- Causa Nº 2 – Falta de local para estocagem de peças complexas

A ação realizada para essa causa é a mesma utilizada na Causa Nº 1, a criação do hub logístico para amenizar esse tipo de ocorrência.

- Causa Nº 3 – Tempo de resfriamento de peças

Essa solução foi proposta devido à alta temperatura que as peças chegam na esteira de embalagem. Ao colocar a peça quente nessa esteira, ela fica com marcas devido ao filme não estar totalmente curado.

Pensando nesse modo de falha, foram propostas 3 ações distintas:

- Aquisição de pistola para medição de temperatura de peças com espessura mais elevadas

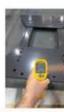
FIGURA 29 – Medidor de temperatura de peças



FONTE: O autor (2024)

- Melhoria na instrução de trabalho

FIGURA 30 – Instrução de trabalho de medição de peças

AGIUS INSTRUÇÕES OPERACIONAIS		ID-308
Assunto: Embalagem de peças pintadas no E-coat / Top Coat		
<p>1 - Objetivo</p> <p>1. Estabelecer procedimento para o embalagem de peças pintadas no E-coat e Top Coat (acabamento).</p>		
<p>2 - Aplicação</p> <p>2. Este instrução aplica-se ao seguinte setor: STS / Embalagem</p>		
<p>3 - Materiais utilizados</p>		
 <p>Figura 1. Termômetro digital infravermelho com tela LCD</p>		
<p>4. Síntese de Operação</p> <p>4.1. Pintura E-coat</p> <p>- Peças produzidas com pintura E-coat destinadas a embalagem, deverão aguardar nos bastidores <b>ENFRIANDO</b> e monitorar sua temperatura antes de embalar, deve estar em temperatura ambiente e superior ao regime entre (15° a 40° C°), evitando marcar sua peça grande pelo calor em contato com papelão ou embalagem, conforme a lista 1 a 2.</p>		
 <p>Figura 1. Peças aguardando friar e temperatura</p>		 <p>Figura 2. Peças prontas para embalar</p>
<p>4.2. Pintura Top Coat e pó</p> <p>- Peças produzidas na pintura líquida e pintura pó destinadas a embalagem, deverão ser monitoradas suas temperatura com auxílio de um medidor infravermelho antes de serem embaladas.</p> <p>- A peça deverá estar entre (15° a 40° C°) para seguir seu plano de embalagem conforme a lista 1 e 2, evitando marcar sua peça grande pelo calor em contato com papelão ou embalagem.</p>		
 <p>Figura 1. Peças aguardando friar e temperatura</p>		 <p>Figura 2. Peças prontas para seguir seu plano de embalagem</p>
<p>Elaborado por: Rafael C. Mourão</p> <p>Revisado por: Rafael C. Mourão</p>	<p>DATA: 04/08/2024</p> <p>REVISÃO: 01</p>	<p>Elaborado por: Rafael C. Mourão</p> <p>Revisado por: Rafael C. Mourão</p> <p>DATA: 04/08/2024</p> <p>REVISÃO: 01</p>

FONTE: O autor (2024)

- Instalação de varal de peças, para resfriamento antes de serem colocadas na esteira de embalagem.

- Causa Nº 4 e 5 - Embalagem alternativa/transbordo

Essa ação veio devido aos problemas de peças danificarem durante o processo de transbordo, que é quando por algum motivo a peça deve ser realocada em outra embalagem.

Como ação para este tópico, foi realizado apenas treinamento quanto aos cuidados a serem tomados durante a operação de transbordo e orientado a gestão o quão impactante esta operação é em termos da não qualidade.

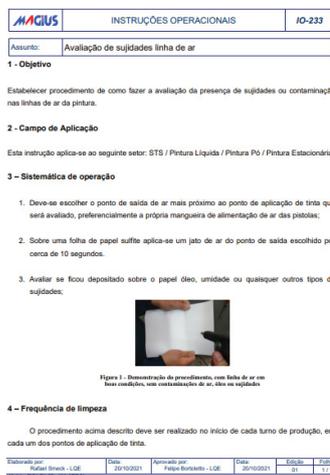
- Causa Nº 6 - Pano sujo

Elaborado procedimento para troca periódica dos panos de limpeza das peças e realizado treinamento e orientação com a gestão e com os colaboradores dos postos de trabalho.

- Causa Nº 7 – Ar comprimido

A linha de ar comprimido da Magius já possui filtros de linha para drenagem de água e bloqueio de qualquer sujidade que possa estar presente. Porém, foi elaborado um procedimento para a verificação de contaminantes na linha onde os pintores no início do turno acionam a pistola de ar em um papel sulfite branco. Assim, qualquer umidade ou contaminação presente na linha de ar será revelada nesta operação.

FIGURA 31 – Instrução de trabalho de verificação do ar comprimido



- Causa Nº 8 - Baixa pressão da pistola

Para resolver esse problema, foi necessário o envolvimento do fabricante do equipamento de mistura automática utilizado na Magius. Esse problema foi identificado durante um Brainstorm realizado com os pintores. Nele, eles se queixavam muito da variação da pressão da tinta durante a aplicação no momento que as duas pistolas eram acionadas ao mesmo tempo. Com isso, após conversas com o fabricante, foi definido que deveria ser acoplado ao sistema um pulmão com saídas independentes para as duas pistolas, de modo que a pressão fosse estabilizada. Essa ação está em andamento com previsão de fechamento em 30 dias, pois a peça que deve ser acoplada não tem disponibilidade a pronta entrega.

- Causa Nº 9 – Baixa vazão das pistolas

Além da baixa pressão citada na causa Nº 9, a baixa vazão era outro problema também encontrado na linha de pintura. Com a solução de inserir um pulmão no sistema de distribuição das pistolas, o problema da vazão também será resolvido pois nesse modulo que será instalado, existe também a configuração para travamento dos processos, nesse caso da vazão de tinta. Previsão de instalação para 30 dias.

- Causa Nº 10 – Falha na aplicação dos pintores

Para lidar com esse erro operacional, optou-se por introduzir um programa de treinamento prático com os pintores. Esse treinamento já teve início com a parte teórica e seguirá ao longo do ano com a parte teórica

- Causa Nº 11 – Ausência de feedback aos pintores

Esse foi mais uma das causas de não conformidades encontradas no projeto, onde ficou evidente a falha na comunicação entre os pintores e a área de qualidade. Foi constatado que muitas vezes os pintores não sabem a condição que a peça está chegando ao final do processo. Sem essa informação, o pintor não consegue corrigir o erro, que devido a essa falta de comunicação, acaba sendo repetido. Para isso, foi solicitado ao setor de TI da Magius a criação de um Dashboard de performance técnica, onde estarão descritos quais os modos de falha estão ocorrendo em casa peça assim que ela é inspecionada. Esse projeto está em andamento, com previsão de instalação em novembro.

- Causa Nº12 – Monovia de pintura líquida

Uma das principais causas de não conformidades na linha de pintura era a sujeira proveniente da monovia de pintura. Ao colocar peças pesadas, a sujeira que está solta dentro do monovia, cai sobre as peças, necessitando a realização do retrabalho. Com isso, em parceria com o setor de manutenção da Magius, foi desenvolvida internamente uma máquina que realiza a limpeza dentro da monovia.

FIGURA 32 – Máquina de limpeza de monovia



FONTE: O autor (2024)

- Causa Nº 13 – Estufa e-coat

Esse modo de falha surgiu devido a degradação das chapas internas da estufa de pintura e-coat. Por se tratar de altas temperaturas, as chapas estão degradadas fazendo com que a poeira gerada caia sobre as peças, exigindo que haja o lixamento delas. Por ser um trabalho complexo, foi necessário incluir na programação de parada de final de ano

FIGURA 33 – Interior da estufa



FONTE: O autor (2024)

- Causa Nº 13 – Poeira de lixamento

No decorrer da análise das causas, identificou-se a ocorrência do modo de falha 'poeira de lixamento'. Esse defeito foi diagnosticado como um dos fatores críticos que comprometiam a qualidade final do acabamento das peças, gerando problemas visuais e aumentando a necessidade de retrabalho. Para tratar essa não conformidade, foram adotadas ações específicas de melhoria, incluindo aprimoramento dos métodos de limpeza e controle do ambiente de lixamento, dentre eles estão:

- Criação de local apropriado para realização do retrabalho

FIGURA 34 – Local destinado para lixamento



FONTE: O autor (2024)

- Aquisição de equipamentos apropriados para realizar o lixamento

Foi adquirido um sistema de sucção para a realização de lixamento para retrabalhos e junto com lixadeiras com sacos de armazenamento de pó para eventuais necessidades de lixamentos na linha. Com esse sistema de sucção, observou-se uma melhora de aproximadamente 95% na diminuição do pó no ambiente.

FIGURA 35 – Extratora para lixamento



FONTE: O autor (2024)

FIGURA 36 – Lixadeira com sucção de pó



FONTE: O autor (2024)

- Causa Nº 15 – Capacitação do operador de lixamento

Um dos modos de falha críticos identificados no projeto foi a capacitação insuficiente dos operadores. A falta de treinamento adequado para executar o lixamento de forma padronizada e eficaz é a responsável pelo pior modo de falha mencionado pelo cliente, o desplaque da tinta. Além desse modo de falha, pode resultar em outras não conformidades como marcas de lixa, irregularidades na superfície. Assim, este modo de falha foi identificado como crítico para a manutenção de um padrão de qualidade no processo de pintura.

- Causa Nº 16 – Sujeira no ambiente

A presença de partículas ou resíduos de poeira no ambiente impacta diretamente a qualidade do processo de pintura se tornando uma das causas principais de não conformidades. Uma das maiores fontes desse modo de falha, além do lixamento de peças visto do tópico acima, é o trânsito de empilhadeiras no setor. Como as empilhadeiras têm acesso a todos os pontos da fábrica, sendo eles internos e externos, passando por áreas com areia e barro, essas máquinas se tornam vetores de sujeira para a linha de pintura. Para lidar com esse problema, foi mapeado o setor e definido um cronograma de limpeza com aspirador industrial, realizado por um colaborador dedicado a essa operação durante 24 horas por dia.

- Causa Nº 17 – Parâmetros de temperaturas das estufas

A variabilidade nos parâmetros de temperatura das estufas foi identificada como uma causa para as não conformidades observadas no processo de pintura. O controle inadequado da temperatura pode causar problemas na aderência e acabamento da tinta. Assim, o controle rigoroso e a padronização dos parâmetros

de temperatura são essenciais para reduzir a incidência desse tipo de não conformidades no processo. Pensando nisso, foram criadas receitas de temperatura baseadas nas espessuras das chapas que estão sendo processadas, não deixando a opção de o operador colocar a temperatura de forma aleatória. Além disso, foi implementado um sistema de monitoramento por sinótico, que além de mostrar a temperatura do processo nos computadores e celulares dos gestores, também gera o histórico das alterações, sendo possível rastrear possíveis erros.

TABELA 4 – Causas e possíveis soluções

Nº	Peças danificadas	Contaminada	Falhada	Sujeira	Falta de cura	CAUSA FUNDAMENTAIS	POSSIVEL SOLUÇÃO
1	X					Espaço físico insuficiente	Produção sob demanda
2	X					Falta de local apropriado para estocagem de peças complexas	Layout apropriado para peças com geometria complexa
3	X					Tempo de resfriamento de peças	1-Aquisição de pistola para medição de temperatura 2-Melhoria na Instrução de trabalho 3-Instalação de varal de peças
4	X					Embalagem alternativa	Nivelamento da produção
5	X					Transbordo	Capacitação de operadores para realização do transbordo
6		X		X		Pano sujo	Instrução de limpeza de peças, método de avaliação para troca de pano
7		X				Ar comprimido	Instrução de teste prático de teste de óleo na linha
8			X			Baixa pressão da pistola	Equalização da pressão do sistema
9			X			Baixa vazão	Procedimento dos parâmetros de vazão
10			X			Falha na aplicação do pintor	1-Padronização da pintura 2-Treinamento
11			X			Ausência de feedback de performance dos pintores	Implementação de indicador de performance dos pintores
12				X		Monovia pintura líquida	Desenvolvimento de equipamento apropriado para limpeza
13				X		Estufa ecoat	Manutenção dos componentes internos
14				X		Poeira de lixamento	1-Local apropriado para lixamento de retrabalho 2-Equipamento apropriado(lixadeira)
15				X		Falha no lixamento	Capacitação de operador para retrabalho de peças
16				X		Sujeira no ambiente	Rotina de limpeza com aspirador
17					X	Parametros da estufa (Temperatura)	Receita de estufa com senha

#### - Testes realizados

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foram realizados alguns testes experimentais para avaliar como certas variáveis específicas impactam o processo e verificar a eficácia das soluções propostas. Esses testes, feitos em condições controladas, possibilitando a observação de forma precisa como os ajustes nos parâmetros críticos contribuem para a redução das não conformidades.

#### - Baixa pressão da pistola

Esse experimento se deu devido à falta de padronização da vazão das pistolas. Atualmente, não existe uma especificação na vazão de tinta. Além disso, devido ao mau dimensionamento do sistema, ao acionar as 2 pistolas simultaneamente, a vazão varia devido à falta de capacidade do sistema.

Foram definidos três níveis de vazão para a pistola:

- Baixa vazão: 200ml/min;
- Média vazão: 250ml/min;
- Alta vazão: 300ml/min.

Para cada especificação, realizamos a aplicação da tinta em amostras sob as mesmas condições (duas demãos conforme praticam do dia dia) controladas de temperatura. Utilizamos o mesmo tipo de tinta e superfícies idênticas para assegurar consistência nos resultados. Cada amostra foi analisada em relação à espessura da camada, uniformidade e presença de defeitos, como falhas de cobertura e acúmulo de tinta.

Resultados:

- Baixa vazão: 200ml/min

Com a utilização de baixa vazão, percebeu-se uma maior dificuldade para alcançar a cobertura especificada pelos clientes ficando evidente a deficiência na cobertura em bordas e raios da peça. Nessa configuração, seria necessária a aplicação de três demãos, o que ocasionaria uma maior dificuldade no dia dia uma vez que seria necessário a diminuição da velocidade da monovia ou a diminuição do número de peças na silhueta da linha.

FIGURA 37 – Pintura falhada – Teste 1



FONTE: O autor (2024)

- Média vazão: 250ml/min

Utilizando-se a vazão intermediária, o resultado foi um pouco melhor do que o teste anterior, porém, também não atingiu as especificações dos clientes. O raio da peça, como mostra a foto abaixo, não obteve a cobertura desejada, sendo considerada uma peça não conforme.

FIGURA 38 – Pintura falhada – Teste 2



FONTE: O autor (2024)

- Alta vazão: 300ml/min.

Já, aplicando-se a vazão mais alta, ficou claro que a facilidade de alcançar a cobertura, porém sem afetar a qualidade do processo, foi maior. Com duas demãos, a cobertura nas bordas e nos raios da peça foram bem satisfatórias.

FIGURA 39 – Pintura conforme – Teste 3

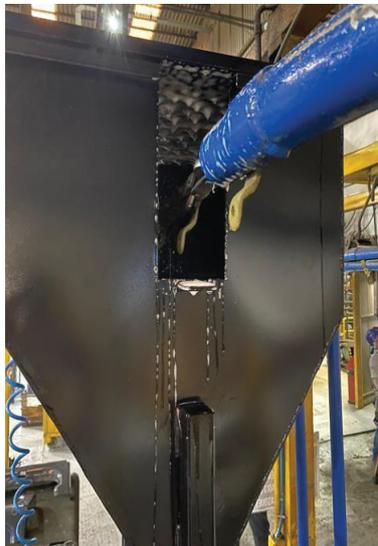


FONTE: O autor (2024)

#### - Máquina para limpeza da monovia

Ao longo dos anos, a Magius sofreu muito com a ineficiência da limpeza da monovia da pintura líquida. Isso porque não havia sido feito um estudo aprofundado sobre as causas da sujeira no acabamento da pintura. No entanto, com as evidências mostradas no projeto, de que a monovia era uma importante fonte de geração de não conformidades, em reuniões e conversas com o setor de manutenção e possíveis fornecedores, foram analisadas as possibilidades que o mercado poderia oferecer. Porém, devido aos altos custos das soluções que o mercado ofertou, o setor de manutenção da Magius se comprometeu a desenvolver uma máquina que faria essa limpeza. Com isso, desenvolveu-se a seguinte solução:

FIGURA 40 – Máquina pra limpeza da monovia

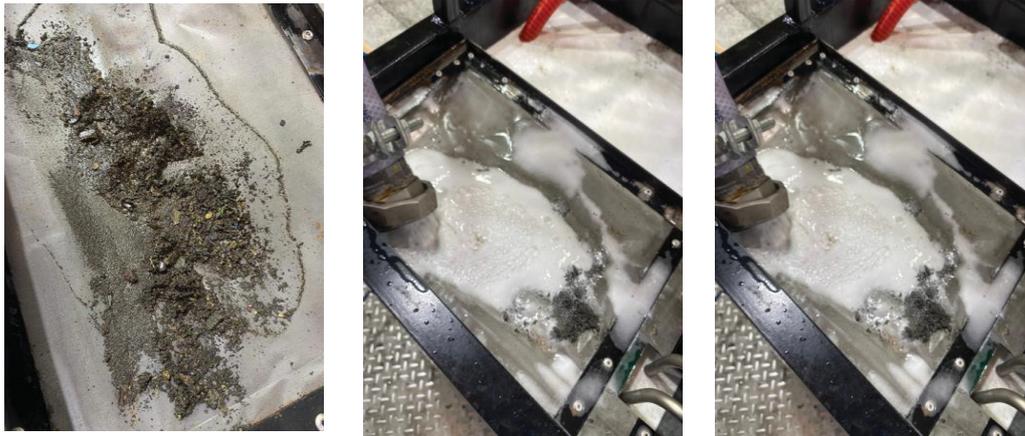


FONTE: O autor (2024)

Com a solução pronta, seguiu-se o teste para verificar a eficiência da máquina.

A máquina mostrou bons resultados logo de início, sendo possível observar que boa parte da sujeira que estava impregnada na monovia, foi retirada. Apesar do sucesso na instalação, foi verificado que existem pontos a melhorar, com isso, uma segunda etapa de melhoria está programada na máquina, onde serão instaladas escovas junto a corrente para que pontos onde a limpeza não se mostrou tão eficiente, sejam limpos com maior eficiência.

FIGURA 41 – Sujeira da monovia

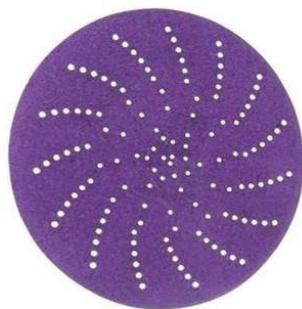


FONTE: O autor (2024)

#### - Poeira de lixamento

Outro teste realizado foi o da eficiência do sistema de sucção nas lixadeiras. Atualmente, os retrabalhos são realizados na própria linha de pintura, o que faz com que uma grande quantidade de poeira seja gerada. Isso faz com que o ambiente contribua negativamente para a qualidade do processo, gerando um ciclo vicioso de retrabalhos. Pensando nisso, foi desenvolvido um sistema de lixamento em que a poeira produzida nessa etapa, seja reduzida em aproximadamente 95%. Para isso, duas soluções foram propostas, o sistema de exaustão e um tipo diferente de lixa, com multifuros que succionam a poeira e uma extratora

FIGURA 42 – Lixa utilizada na extratora



FONTE: 3M (2024)

FIGURA 40 - Extratora



FONTE: 3M (2024)

Para a realização dos testes comparativos, foram utilizadas a lixadeira comum, que é utilizada atualmente e a lixadeira com a função de extração da poeira, com a utilização das lixas multifuros.

Os resultados foram demonstrados abaixo:

- Lixamento atual:

FIGURA 44 – Lixa utilizada atualmente



FONTE: O autor (2024)

Utilizando-se as lixas atuais, o tempo para lixar a peça foi de aproximadamente 3 minutos, utilizando-se a mesma técnica e o mesmo operador. Foram gastas 3 lixas para obter o resultado desejado.

- Lixamento com sucção e lixa multifuros:

FIGURA 45 – Teste com Lixa multifuros



FONTE: O autor (2024)

Já, com a utilização do sistema de sucção e lixa multifuros, a eficiência no lixamento foi maior, tanto no tempo do processo, que caiu de 3 para 2:10 minutos, quanto na utilização do número de lixas, que também diminui de 3 unidades para 2. A geração de poeira no processo caiu de em torno de 90 %.

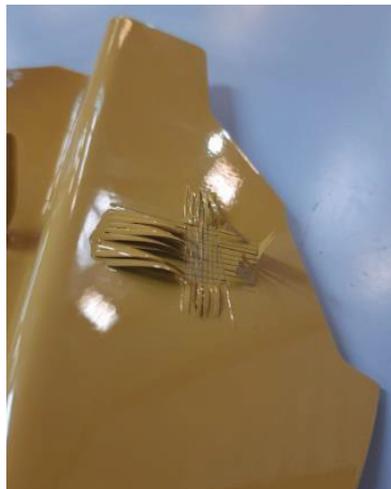
#### - Eficiência no lixamento dos retrabalhos

E por último, um dos testes mais representativos foi o de eficiência no processo de lixamento.

A função do lixamento é criar uma superfície levemente abrasiva, o que melhora a adesão da tinta. Esse processo remove resíduos, como óleos ou impurezas, que poderiam interferir na fixação do revestimento. Este teste buscou avaliar a aderência da tinta em superfícies preparadas de maneiras diferentes – peças lixadas e peças sem lixamento – para identificar o impacto do lixamento na resistência ao deslocamento. O objetivo foi verificar se o processo de lixamento prévio melhora a aderência da tinta.

Os resultados estão representados nas fotos abaixo:

FIGURA 46 – Teste de aderência



FONTE: O autor (2024)

FIGURA 47 – Teste de aderência OK



FONTE: O autor (2024)

O efeito do lixamento na pintura final ficou muito evidente, mostrando que o lixamento é uma etapa crucial para a qualidade do processo de pintura.

### **3.5. FASE CONTROLA**

A fase Control do ciclo DMAIC tem como objetivo garantir que as melhorias implementadas no processo sejam mantidas ao longo do tempo, evitando o retorno das não conformidades. Essa é uma fase crucial para a sustentabilidade do projeto, pois estabelece mecanismos de monitoramento e controle que ajudam a manter os ganhos alcançados nas etapas anteriores.

Algumas das ações previstas ainda não foram possíveis de serem aplicadas, sendo

#### **3.5.1. Monitoramento**

A partir das ações implementadas, o acompanhamento global das ações será realizado através do Dashboard de não conformidades da qualidade. Além dele, algumas ações terão registros e controles específicos como:

TABELA 5 – Monitoramento das ações implementadas

Causas fundamentais	Possível solução	Como	Quem	Frequência
<b>Pano sujo</b>	Instrução de limpeza de peças, método de avaliação para troca de pano	Registro de troca de panos	Líder pintura	Por turno
<b>Ar comprimido</b>	Instrução de teste prático de teste de óleo na linha	Registro de Controle	Técnico de Processos	Por turno
<b>Baixa vazão</b>	Procedimento dos parâmetros de vazão	Registro de Controle	Técnico de Processos	Por turno
<b>Ausência de feedback de performance dos pintores</b>	Implementação de indicador de performance dos pintores	Dashboard	Líder pintura	Diária
<b>Monovia pintura líquida</b>	Desenvolvimento de equipamento apropriado para limpeza	Cronograma de manutenção	Líder manutenção	Quinzenal
<b>Estufa ecoat</b>	Manutenção dos componentes internos	Cronograma de manutenção	Líder manutenção	Quinzenal
<b>Sujeira no ambiente</b>	Rotina de limpeza com aspirador	Registro de limpeza	Líder pintura	Por turno

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO

##### - Resultados obtidos

A premissa do projeto era de reduzir as não conformidades de deslocamento de tinta e falha de mascaramento, uma solicitação de um cliente da Magius. Para isso, inicialmente, foram levantados dados sobre as principais não conformidades que necessitem a realização de retrabalho na linha de pintura, uma vez que foi constatado que o deslaque era proveniente de uma operação de lixamento mal realizado. Estes dados foram organizados e analisados com base nas etapas do DMAIC, visando identificar as causas mais recorrentes e as variáveis de processo críticas. Os resultados mostraram que as principais não conformidades estavam relacionadas a parâmetros como:

- Falta de padronização;
- Não execução de procedimentos;
- Equipamento mal dimensionado;
- Ineficiência operacional

A análise dos resultados foi realizada através de mapa de raciocínio, seguindo a lógica da metodologia DMAIC. Através do mapa, foi possível enxergar a relação entre as variáveis do processo e os defeitos encontrados. Esse mapa organizou e conectou as causas-raiz, facilitando a identificação das dores do processo e dos pontos que precisavam ser abordados.

Através do mapa pudemos identificar potenciais causas que no dia, dia não era possível identificar, como por exemplo:

- Lixamento realizado sem metodologia, causa raiz do defeito mais relevante na linha de pintura; o deslaque.

- Mal dimensionamento do equipamento, causa raiz de diversos tipos de problemas, como pintura falhada, camada baixa, camada alta etc.

- Uso de equipamentos ineficientes, como as lixadeiras convencionais, que além de ter um custo mais elevado, são fontes de outras não conformidades, como a sujeira.

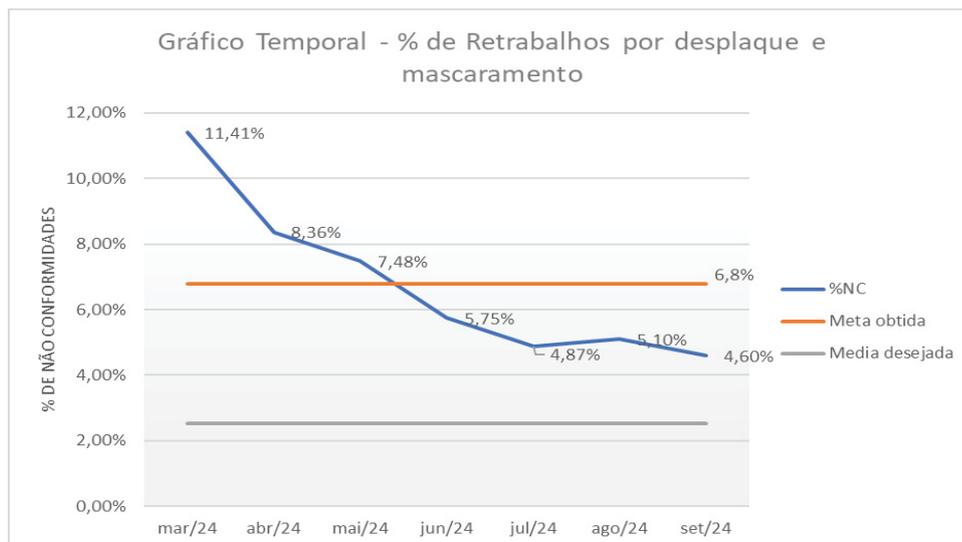
- Falta de padronização de limpeza, gerando um ambiente inóspito para o processo.

- Inexistência de método e equipamento para a limpeza da monovia.

### - Meta Global

Não foi possível saber se a meta global foi alcançada ainda, pois muitas das ações que foram propostas não puderam ser implementadas devido ao momento que a empresa está atravessando. Como estão sendo realizados grandes investimentos na implantação da nova unidade de pintura, a empresa entendeu que algumas dessas ações só poderiam ser implementadas no 2º semestre de 2025. No entanto, algumas ações serão implementadas na linha de pintura nova. Outro fator que contribuiu para que não se tenha essa informação é de que com o início do projeto, observou-se que os dados de retrabalhos não estavam sendo lançados corretamente. A partir do momento que foi dado início a coleta de dados para o projeto, esses dados passaram a ser registrado de forma mais regular. Porém, foi possível perceber que desde o início do projeto, o índice de não conformidades no setor apresentou tendência de queda, mesmo sem a implantação de todas as ações.

FIGURA 48 – Evolução do retrabalho



FONTE: O autor (2024)

### - Retorno Financeiro

O retorno financeiro não foi possível de ser mensurado até o momento pois muitas ações ainda não foram finalizadas. Além disso, ficou claro que os dados iniciais estavam defasados pois após o início do projeto, ficou claro que após as cobranças e questionamentos começaram a ser feitos, houve uma clara mudança de atitude da produção, que começou a registrar os dados com maior frequência. Com isso, houve uma clara percepção com relação a melhoria nos índices de qualidade, porém não serve de comparativo em relação ao período dos dados coletados.

## 5. CONCLUSÕES

A implantação do projeto de melhoria utilizando-se a metodologia Seis Sigma no processo de pintura foi estruturado para identificar e eliminar as não conformidades que impactavam a qualidade e a eficiência do processo. Através da análise crítica e da aplicação de metodologias específicas, foi possível não só identificar as falhas existentes, como também implementar uma série de ações corretivas que tiveram um impacto direto e positivo nos resultados.

Primeiramente, a criação de novos procedimentos operacionais foi fundamental para padronizar e otimizar as atividades, garantindo que todos os envolvidos no processo seguissem as melhores práticas estabelecidas. A implementação da metodologia foi fundamental para uma análise aprofundada dos dados, permitindo a identificação precisa das causas raiz dos problemas e a aplicação de soluções. Por meio dessa abordagem estruturada, foi possível implementar melhorias contínuas no processo, resultando não apenas na redução significativa dos defeitos e não conformidades, mas também na melhoria da eficiência operacional e na padronização dos procedimentos. A aplicação do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) possibilitou uma abordagem sistemática e orientada por dados, o que contribuiu diretamente para a redução dos desperdícios e a otimização da qualidade no processo de pintura."

Além disso, a instalação de novos equipamentos e a melhoria dos existentes contribuíram para a diminuição das não conformidades no processo.

Os treinamentos e capacitações oferecidos às equipes foram cruciais para garantir a correta execução das novas práticas e o entendimento da importância das mudanças implementadas. Com isso, houve um aumento considerável na conscientização dos colaboradores sobre a qualidade do processo e a redução de erros operacionais.

Como resultado, conseguimos corrigir diversas falhas do processo, melhorar a qualidade da pintura e alcançar os objetivos estabelecidos no início do projeto. A análise dos dados pós-implantação demonstrou uma redução significativa nas taxas de defeitos, o que confirma a eficácia das ações tomadas.

Embora muitas das ações tenham sido implementadas recentemente e outras ainda estejam previstas para serem implementadas ao longo do ano, é esperado que os resultados melhorem ainda mais com o tempo. A continuidade das melhorias,

aliada ao monitoramento constante e à adaptação das práticas, permitirá que as metas sejam não apenas alcançadas, mas também superadas, garantindo a sustentabilidade dos ganhos obtidos e a evolução contínua do processo de pintura.

Em resumo, o projeto demonstrou a importância de um trabalho integrado e contínuo na busca pela melhoria dos processos, e serviu como base para novos desafios e oportunidades de aprimoramento em outros setores da produção.

### 5.1. Sugestões de trabalhos futuros

Como sugestão de trabalhos futuros, o intuito é expandir a aplicação da metodologia Seis Sigma para aumento da qualidade do processo e da produtividade na linha de pintura líquida.

Para isso, as seguintes ações serão estudadas:

- Troca do sistema de exaustão da cabine, passando de filtro seco para cortina de ar. Com uma melhor exaustão no processo, a tendência de acúmulo de sujeira e tinta nos periféricos do sistema tenda a diminuir;
- Enclausuramento da linha;
- Implantação de robôs de pintura, diminuindo custos de insumos, aumento de qualidade e produtividade;
- Eliminação de trânsito de empilhadeiras no setor;
- Alteração no conceito de transporte de peças entre setores, através de sistemas de roletes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREYFOGLE III, F. W.; CUPELLO, J. M.; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma - A practical guide to understanding, assessing and implementing the strategy that yields bottom-line success.** New York: John Wiley & Sons Inc., 2001.
- BRAITT, B. A. A.; FETTERMANN, D. de C. Aplicação do DMAIC para a melhoria contínua do sistema de estoque de uma empresa de informática. *Produto & Produção*, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 29-41, dez. 2014.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e casos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- ECKES, George. **A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro.** Trad. Reynaldo Cavalheiro Marcondes. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- GIL, ANTONIO CARLOS. **Estudo de Caso** – São Paulo: Atlas 2009.
- JULIEN, Denyse.; HOLMSHAW, Phil. **Six Sigma in a low volume and complex environment.** 13 Seis Sigma - Volume I International Journal of Lean Six Sigma, v. 3, p. 28- 44, 2012.
- MENEZES, L. C. M., 2003, **Gestão de projetos.** 2 ed. São Paulo, Atlas.
- PYZDEK, THOMAS; KELLER PAUL A.: **Seis Sigma: Guia do Profissional, um guia completo para Green Belts, Black Belts e gerentes em todos os níveis.** 3°. Ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.560p.
- PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The six sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance.** New York: McGrawHill, 2000.
- PEREZ-WILSON, M. Seis Sigma: **Compreendendo o conceito, as implicações e os desafios.** 1a. edição. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- ROOS, C. **Modelo para seleção de projetos Seis Sigma.** Dissertação Doutorado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção. Florianópolis, SC, UFSC, 2014.
- TAGHIZADEGAN, S. **Essentials of Lean Six Sigma.** Burlington: Elsevier, 2006.
- VELANDIA, Liliana Rios et al. **Um modelo de referência para melhoria de processos industriais usando conceitos seis sigma.** 2006.
- WANG, Fu-Kwum; CHEN, Kao-Shan. **Evaluating Management Consultants for Six Sigma Projects.** Arab J Sci Eng, v. 39, p. 2371-2379, 2014.

WERKEMA, C. **Criando a cultura Seis Sigma.** Nova Lima: Werkema, 2004.