

## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO RELATÓRIO A3 PARA ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE VAZAMENTO DE POLIURETANO (PU) EM UMA EMPRESA DE REFRIGERADORES DA CIDADE DE NAVEGANTES - SC

Gustavo Réus DE MEDEIROS<sup>1</sup>, Sheila Maria Brandão de Paula Lima MIRANDOLA<sup>2</sup>,  
Andréia Lange de Pinho NEVES<sup>3</sup>

### RESUMO

Este estudo abordou a aplicação do relatório *A3 Problem Solving* na resolução de problemas de qualidade em uma fabricante de refrigeradores localizada em Navegantes, SC. Falhas recorrentes geravam impactos negativos na produção, resultando na perda de 7,5% de produtividade e demandando gastos anuais elevados com um operador exclusivo para retrabalho e com a compra de gelo seco para a limpeza de vazamentos de espuma. O objetivo geral deste trabalho consistiu em aplicar uma metodologia estruturada de resolução de problemas para identificar as causas raízes dessas falhas, implementar contramedidas eficazes, reduzir custos e padronizar os processos. A metodologia foi baseada na pesquisa-ação conduzida por uma equipe multifuncional. Utilizaram-se ferramentas como matriz de análise, gráfico de pareto e mapeamento posicional para delimitar o escopo e priorizar ações por custo e tempo de implementação. Os principais resultados apontaram o vazamento de poliuretano no modelo de refrigerador de 2,10 metros como o principal gargalo. As principais contramedidas aplicadas envolveram a substituição de pallets de madeira por bases de alumínio, o aumento da mesa de acoplamento, o desenvolvimento de uma nova embalagem de armazenamento com o fornecedor e a padronização das instruções de trabalho. Conclui-se que o projeto foi bem-sucedido, pois o índice de defeitos caiu drasticamente de 255.285 partes por milhão para cerca de 38.000 partes por milhão, marca validada estatisticamente. A melhoria eliminou o retrabalho isolado, recuperou a produtividade e gerou uma economia financeira de R\$ 85.400,00 no primeiro ano e de R\$ 135.400,00 nos anos subsequentes.

**Palavras-chave:** Relatório *A3 problem solving*; redução de custo; padronização; melhoria contínua.

### ABSTRACT

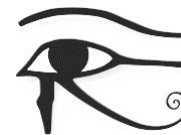
This study addressed the application of the *A3 Problem Solving* report to resolve quality issues at a refrigerator manufacturer located in Navegantes, SC. Recurrent failures generated negative impacts on production, resulting in a 7.5% loss in productivity and demanding high annual expenses with an exclusive operator for rework and the purchase of dry ice to clean foam leaks. The general objective of this work was to apply a structured problem-solving methodology to identify the root causes of these failures, implement effective countermeasures, reduce costs, and standardize processes. The methodology was based on action research conducted by a multifunctional team. Tools such as an analysis matrix, Pareto chart, and positional mapping were used to define the scope and prioritize actions by cost and implementation time. The main results pointed to polyurethane leakage in the 2.10-meter refrigerator model as the primary bottleneck. The main countermeasures applied involved replacing wooden pallets with aluminum bases, increasing the coupling table, developing a new storage packaging with the supplier, and standardizing work instructions. It is concluded that the project was successful, as the defect rate dropped drastically from 255,285 parts per million to approximately 38,000 parts per million, a milestone validated statistically. The improvement eliminated isolated rework, recovered productivity, and generated financial savings of R\$ 85,400.00 in the first year and R\$ 135,400.00 in subsequent years.

**Keywords:** *A3 problem solving*; cost reduction; standardization; continuous improvement.

<sup>1</sup>Campanha Nacional de Escolas da Comunidade, Itajaí, SC, Brasil. E-mail: [mr.gustavomedeiros@gmail.com](mailto:mr.gustavomedeiros@gmail.com)

<sup>2</sup>Centro Universitário Estácio de Ourinhos, Ourinhos, SP, Brasil. E-mail: [sheilabrandao@hotmail.com](mailto:sheilabrandao@hotmail.com)

<sup>3</sup>Campanha Nacional de Escolas da Comunidade, Itajaí, SC, Brasil. E-mail: [andreialpneves@gmail.com](mailto:andreialpneves@gmail.com)



## INTRODUÇÃO

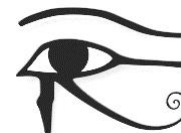
Qualidade, produtividade e satisfação dos clientes, são tópicos-chave no planejamento estratégico das organizações que buscam destaque no mundo corporativo (Sabatin *et al.*, 2022). Reduzir tempos, custos e defeitos fazem parte dos objetivos que são buscados diariamente. Neste contexto, o relatório A3 *Problem Solving* é um método desenvolvido pela Toyota que aponta para reduções de variabilidade e para melhorias no desempenho de processos e qualidade dos produtos (Brandão, 2023).

O tema deste estudo consiste na aplicação do relatório A3 em uma empresa do setor de produção de refrigeradores na cidade de Navegantes em Santa Catarina, tendo a principal motivação, o entendimento da causa raiz dos defeitos, que são gerados desde os processos dos fornecedores de materiais até o setor de embalagem da empresa estudada. A falta de qualidade gera impactos negativos na produção de refrigeradores, que refletem na perda de 7,5% de produtividade e demanda a necessidade de um colaborador dedicado no retrabalho dos defeitos, que corresponde a despesa de pessoal de R\$ 103.000,00 ao ano. A empresa ainda conta com materiais de consumo utilizados no retrabalho, sendo o volume médio anual de 15.000 kg de pellets de dióxido de carbono (gelo seco) para limpar os vazamentos de espuma, custo de aproximadamente R\$ 185.000,00 além do impacto negativo na reputação da empresa quando os pedidos são atrasados, impactando os clientes.

Portanto, em resposta ao problema exposto anteriormente, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa: Como aprofundar a análise, descobrir as causas raízes e implementar um plano de ação eficaz para a melhoria da produtividade, qualidade e redução dos custos de produção? Para responder a essa questão foi definido o seguinte objetivo geral: Aplicar a metodologia do relatório A3 para análise e solução de problemas. Tendo neste trabalho os objetivos específicos: reduzir o índice de defeitos de forma a eliminar uma mão de obra do retrabalho e direcionar este recurso em atividades que agregam valor no produto, reduzir o consumo e custo em materiais indiretos, também busca a padronização do processo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa-ação que, segundo Menezes *et al.* (2019), é desenvolvido de acordo com o processo cíclico de cinco passos que são, planejamento da pesquisa, coleta de dados, análise de dados, tomada de ação e avaliação da ação. Thiollent (2025) classifica ainda a natureza deste estudo como uma orientação metodológica baseada na pesquisa-ação. Isso se deve ao fato de que essa abordagem



constitui uma estratégia em que os integrantes da equipe do projeto participam ativamente do contexto investigado, influenciando-o diretamente. Nesse método, os problemas identificados na fase de compreensão do projeto são enfrentados e solucionados ao longo do próprio desenvolvimento da pesquisa, tendo como finalidade aprimorar o processo e seus resultados.

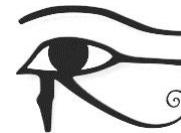
Esta metodologia permite a resolução de problemas através destas etapas e ao mesmo tempo a ampliação dos conhecimentos do acadêmico de engenharia de produção. A Tabela 1 apresenta as etapas e atividades da estrutura do método de pesquisa-ação.

**Tabela 1.** Etapas e atividades da estrutura do método de pesquisa-ação.

| <b>Etapas e atividades da estrutura do método de pesquisa-ação</b>  |
|---|
| <b>Etapas e Objetivos</b>   |
| <b>Etapa 1: Entender o problema</b>   |
| Entender o que é o problema, identificar as partes interessadas na solução do problema, quais os benefícios obtidos em resolver este problema e como isto ajuda a organização em seus objetivos do core business. |
| <b>Etapa 2: Detalhar o problema</b>   |
| Mensurar o problema, medir o processo atual e documentá-lo, identificar o padrão atual e os impactos que problema gera para a organização.  |
| <b>Etapa 3: Definir os objetivos</b>  |
| Definir o que se quer atingir com a aplicação do projeto, definir objetivos mensuráveis e atingíveis.   |
| <b>Etapa 4: Analisar a causa raiz</b>   |
| Identificar a causa raiz do problema.   |
| <b>Etapa 5: Planejar contramedidas</b>  |
| Listar potenciais contramedidas para resolver o problema.   |
| <b>Etapa 6: Definir e implementar uma contramedida</b>  |
| Selecionar uma contramedida que tem potencial de atacar a causa raiz e implementá-la.   |
| <b>Etapa 7: Monitorar os resultados e o processo</b>  |
| Monitorar o progresso da contramedida no relatório, registrar os acertos e os erros para base de aprendizado.   |
| <b>Etapa 8: Padronizar</b>  |
| Documentar o novo processo definido como padrão.  |

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

Na Tabela 1 são detalhadas as fases e atividades da estrutura proposta para a pesquisa-ação quando iniciadas pelo pesquisador, bem como apresenta a relação deste



método de pesquisa com a sequência de atividades utilizada para a aplicação do Relatório A3 *Problem Solving*.

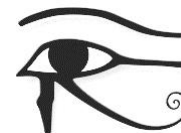
A empresa de refrigeradores estudada produz três modelos de refrigeradores, Modelo 185 que possui 1,85 metros de comprimento, Modelo 210 que possui 2,10 metros de comprimento e o Modelo 250 que possui 2,50 metros de comprimento. Estes modelos apresentavam três tipos de defeitos, defeitos A que afetam a segurança do usuário, defeitos B que afetam a funcionalidade do produto e defeitos C que são estéticos. Quando um produto possui um defeito A ou B, este produto é removido da linha de produção e destinados à sucata. Desta forma, a empresa optou por trabalhar na análise e solução dos defeitos C que afetam a produtividade e o custo de produção.

Para a realização do projeto A3, foi montada uma equipe multifuncional composta pelo Diretor, Gerente de Qualidade, Líder de Qualidade, Engenheiro de Processo e Supervisor de Produção. Conforme a necessidade da equipe, pessoas de outras áreas eram envolvidas no projeto. Estudos realizados por Batista, Yugue e Rocha (2023) mostraram que projetos desenvolvidos com equipes multidisciplinares são muito mais ágeis e eficientes.

A equipe inicialmente mensurou quais eram os impactos de produtividade e custos de operação, através dos dados coletados entre 24 de outubro de 2017 e 01 de abril de 2018, denominado este de período de análise de falhas. Neste período, foram identificados os defeitos do tipo C presentes nos três modelos de refrigeradores. Conhecendo o problema, foi definido o objetivo do projeto e as contramedidas. Segundo Dumitrascu (2022), a escolha do objetivo do projeto é essencial para que a equipe fique em conexão e o sucesso seja alcançado.

Para a escolha de qual contramedida seria aplicada, foi analisado o seu custo de implementação e o tempo de implementação. As contramedidas foram implementadas, monitoradas, bem como validadas estatisticamente para ver se tinham correlação com a causa raiz. O período de monitoramento foi entre 29 de abril de 2018 até 11 de janeiro de 2019, período denominado período de experimentação.

Para identificar como o vazamento de poliuretano (PU) se comportava no modelo de refrigerador com mais defeitos, foi utilizado um mapa de batalha naval para esquematizar os principais pontos com defeitos. De acordo com Schroeder (2021), a gamificação em processos industriais contribui para aumentar o engajamento, a criatividade e a colaboração das equipes, tornando o desenvolvimento de produtos mais rápido, eficiente



e assertivo. Ao final do projeto as ações que influenciaram o atendimento dos objetivos foram padronizadas e os ganhos foram quantificados.

## RESULTADOS

### 1. Entendimento do problema

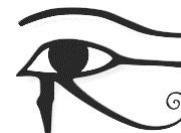
Para o entendimento do problema, foi utilizada a matriz *IS/IS NOT ANALYSES*, assim através da Tabela 2 o problema foi formulado e contextualizando.

**Tabela 2.** Entendimento do problema com a ferramenta *IS/IS NOT ANALYSIS*.

|   | É   | NÃO É   |
|---|---|---|
| <b>Qual Defeito?</b>                      | Defeitos “C”  | Defeitos “A” e “B”                                |
| <b>Qual Processo?</b>                     | Defeitos “C” gerados desde o fornecedor até a embalagem   | Depois que os produtos são entregues aos clientes |
| <b>Onde Acontece?</b>                     | Montagem de refrigeradores  | Embalagem   |
| <b>Quem é Afetado?</b>                    | Produtividade, custo e acionistas   |   |
| <b>Quando Isso Acontece?</b>              | O problema acontece desde que a empresa iniciou a produção de refrigeradores  |   |
| <b>Com Qual Frequência Isso Acontece?</b> | As falhas são contínuas   |   |
| <b>Existe um Padrão de Comportamento?</b> | Todos os produtos são afetados  |   |
| <b>Quanto Custa?</b>                      | A média de perda de produtividade 7,5% e um operador dedicado para reparar os defeitos na linha de montagem, correspondendo ao custo operacional de R\$103.000,00. O custo de material utilizado para realizar o retrabalho corresponde a média de 100 kg de pellets de dióxido de carbono (Gelo Seco) que em outubro/2017 foi de R\$9.400,00 e os 1.250 kg em novembro/2017 totalizou em R\$11.200,00. |   |

**Fonte:** Dados primários da pesquisa (2019).

Com base na ferramenta, o escopo do projeto foi definido com os defeitos C que são gerados desde os fornecedores de materiais até a embalagem dos refrigeradores na linha de montagem. Os defeitos C presentes nos três modelos de refrigeradores foram: vazamento de poliuretano (PU), sujeira e bolhas no silicone. A equipe através de análise identificou que o vazamento de poliuretano (PU) era o defeito C com maior incidência, sendo que o modelo 210 foi o que mais apresentou esta falha. Foi verificado também que os



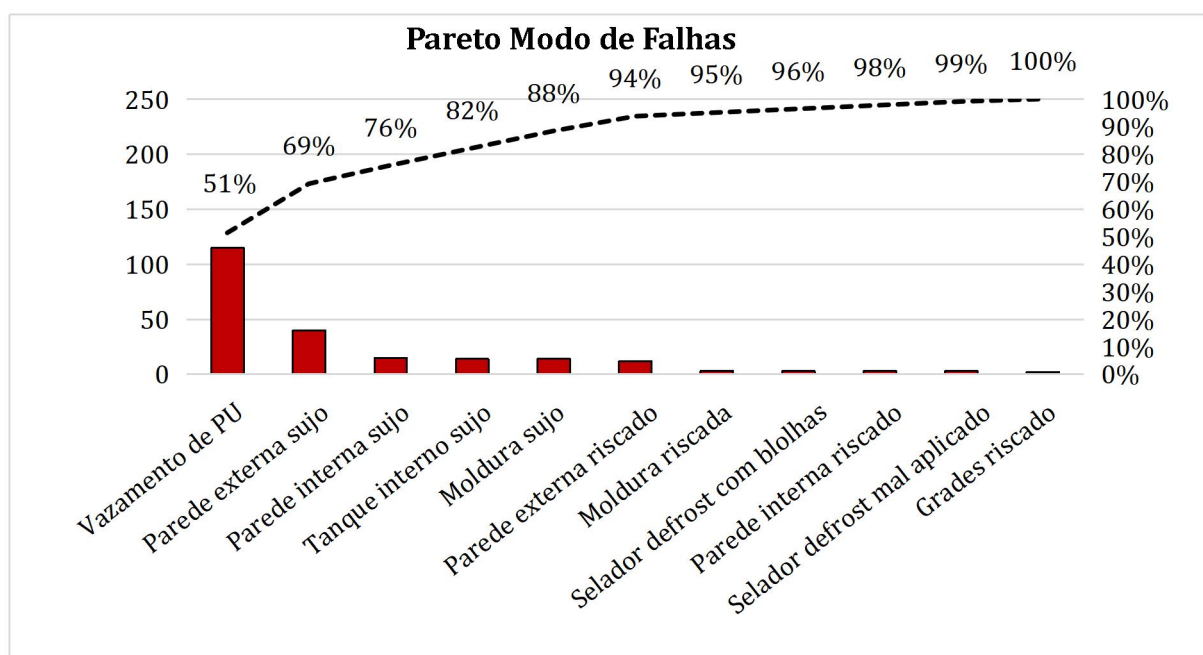
defeitos C ocorrem desde o início das operações da empresa e impactam negativamente a produtividade, custo e no valor das ações da mesma.

As falhas são contínuas e todos os produtos são afetados de forma que a perda de produtividade é de 7,5%, sendo necessário possuir um operador dedicado no retrabalho dos defeitos C. O custo com o operador representa R\$ 103.000,00 por ano e o custo com material de consumo constitui um montante anual de R\$ 185.000,00. Estes dados foram fornecidos ao pesquisador pelo setor financeiro da empresa.

## 2. Detalhamento do problema

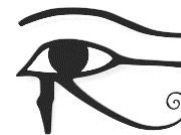
A realização do detalhamento do problema foi realizada pela coleta de dados dos defeitos C apresentados no período de análise de falhas e classificadas da maior para a menor na métrica de frequência de incidência conforme está apresentado na Figura 1.

**Figura 1.** Pareto Modo de Falhas dos Defeitos “C”.



**Fonte:** Dados primários da pesquisa (2019).

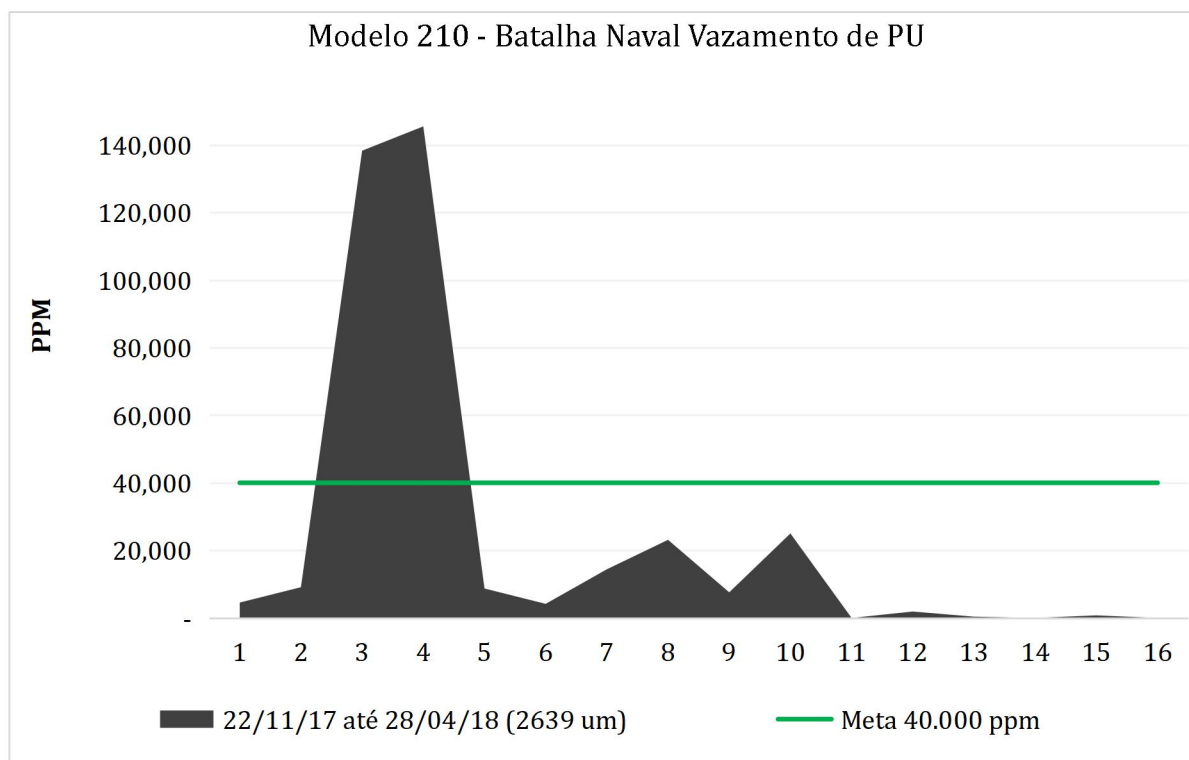
A equipe avaliou e constatou que o vazamento de poliuretano (PU), é o principal motivo de falhas, estando presente em 51% das amostras, do total de 3737 freezers produzidos. Observou-se ainda que, os defeitos de sujeiras nos tanques, molduras, paredes internas e externas e riscos nas molduras e paredes internas e externas, eram gerados



diretamente pelo retrabalho de remoção do vazamento de PU. Assim foi identificado que o projeto tinha potencial de mitigar 95% dos modos de falhas.

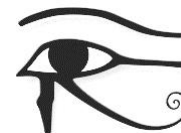
O próximo passo foi entender em qual modelo seriam priorizadas as ações, para isso foi estratificado o vazamento de poliuretano por modelo de produto. Verificou-se que o defeito de vazamento de poliuretano possuiu maior incidência no refrigerador modelo 210, em ppm (partes por milhão), ou seja, para cada um milhão (1.000.000) de refrigeradores produzidos, 255.285 unidades apresentarão vazamento de PU. Assim a equipe definiu este modelo como estudo de caso. Para a identificação dos pontos de vazamentos no gabinete modelo 210, foi realizado um mapeamento semelhante à batalha naval, onde os pontos que vazam foram identificados pelo operador e marcados no mapa de batalha naval, conforme mostrado na Figura 2.

**Figura 2.** Batalha naval dos locais de vazamento de PU do modelo 210.



**Fonte:** Dados primários da pesquisa (2019).

Conforme pode-se verificar na Figura 2, o vazamento de PU teve maior incidência nos pontos 3 e 4 que são os pontos de intersecção da moldura de plástico com a chapa lateral direita e esquerda e com a chapa frontal. A equipe, durante a observação do processo, para entender por que vazava nestes dois pontos, percebeu que durante a montagem, a base de madeira não fornecia apoio para o produto. A equipe observou também



que não havia padrão de aplicação das fitas de vedação e que a mesa de montagem não fornecia apoio para toda a área do produto. Os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação à qualidade dos produtos e é essencial que as empresas aprimorem continuamente seus padrões de qualidade (Da Costa *et al.*, 2023).

### 3. Definição dos Objetivos

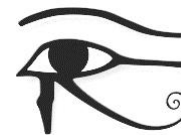
Foi definido pela equipe o seguinte objetivo: Reduzir a quantidade ppm de defeitos do refrigerador modelo 210 de 255.285 para menor do que 40.000 ppm até fevereiro de 2019 e direcionar a mão de obra destinada para fazer o retrabalho deste defeito para um posto que agrega valor ao produto na linha de montagem.

### 4. Planejamento das contramedidas

As contramedidas devem ser monitoradas e qualquer evento externo deve ser registrado para evitar a distorção dos efeitos da ação. Tortorella *et al.*, (2019) descreve que o ideal é implementar uma ação por vez, a fim de saber qual está efetivamente indo em encontro com o objetivo. Conhecendo o comportamento do vazamento de poliuretano nos pontos 3 e 4 no modelo 210 e tendo definido o objetivo do projeto de reduzir o ppm para menos que 40.000 ppm, foram definidas algumas ações que levariam ao sucesso do projeto, estas estão apresentadas da Tabela 3.

**Tabela 3.** Contramedidas para atacar a causa raiz de vazamento de PU.

| #   | Contramedida  |
|-----|---|
| 1   | Treinar os operadores da estação de acoplamento com a Instrução de Trabalho.            |
| 1.1 | Incluir na reunião hora a hora o follow-up dos defeitos de vazamento de PU.             |
| 1.2 | Aplicar 50 mm de fita azul nas juntas do ponto 3 e 4.                                   |
| 2   | Implementar novas bases em alumínio substituindo os pallets de madeira.                 |
| 3   | Aumentar a mesa para acoplar o freezer na estação de acoplamento.                       |
| 4   | Desenvolver uma nova embalagem para o dióxido de carbono (gelo seco) e novo fornecedor. |
| 5   | Padronizar as soluções do A3 com as Instruções de Trabalho.                             |
| 6   | Instalar um manipulador para garantir o correto alinhamento no acoplamento.             |
| 7   | Alterar o layout da máquina de aplicação do gelo seco.                                  |
| 8   | Alterar a função do operador da área de retrabalho para a linha de montagem.            |

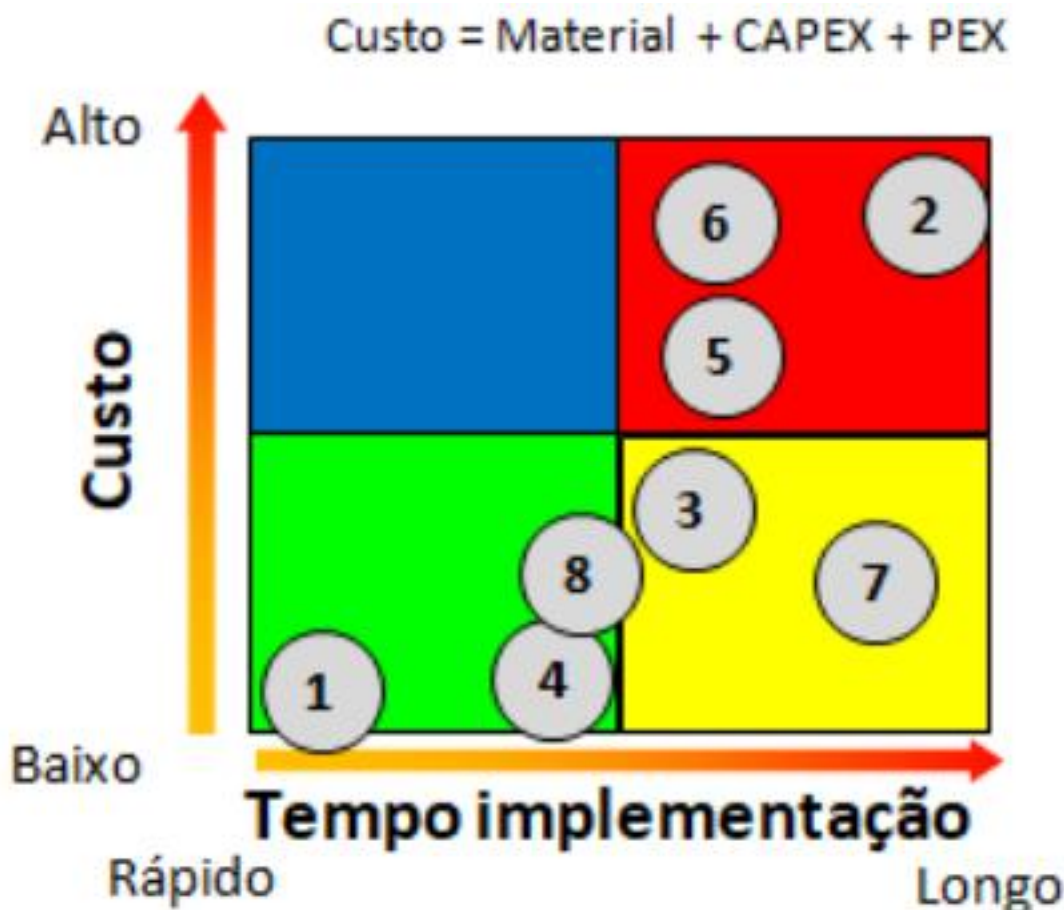


Como pode-se observar na Tabela 3, algumas contramedidas propostas, como treinar os operadores, são ações de fácil e rápida implementação, e não requerem investimentos altos. Entretanto, ações como implementar novas bases em alumínio, necessitam de investimento e terceirização do desenvolvimento do projeto devido a empresa não possuir os recursos internos para realização.

### 5. Definição e implementação das contramedidas

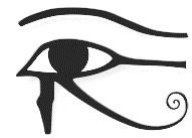
Tendo identificado as causas e definido as contramedidas, fez-se necessário criar uma regra para priorizar a ordem da implementação das mesmas como pode ser observado na Figura 3, de forma que a implementação fosse uma por vez para que os resultados pudessem ser medidos e comparados com o objetivo do projeto.

**Figura 3.** Priorização das contramedidas com base no custo e tempo de implementação.



**Fonte:** Dados primários da pesquisa (2019).

Como pode-se observar na Figura 3, a equipe definiu que a ação 1 (treinar os operadores) foi escalada para ser implementada primeiro por demandar curto tempo de



implementação e baixo custo. Já a ação 2, que era implementar novas bases de alumínio, é uma ação a qual acredita-se que tenha relação direta na causa raiz e demanda um logo tempo de implementação e tem custo alto. A ação 3, de melhoria na mesa de acoplamento, possui tempo e custo médio, a ação 4 (desenvolver uma nova embalagem para o gelo seco) requer baixo custo e médio tempo de implementação e a ação 5 por se tratar de padronização, requer atualizar as instruções de trabalho, tem tempo e custo alto.

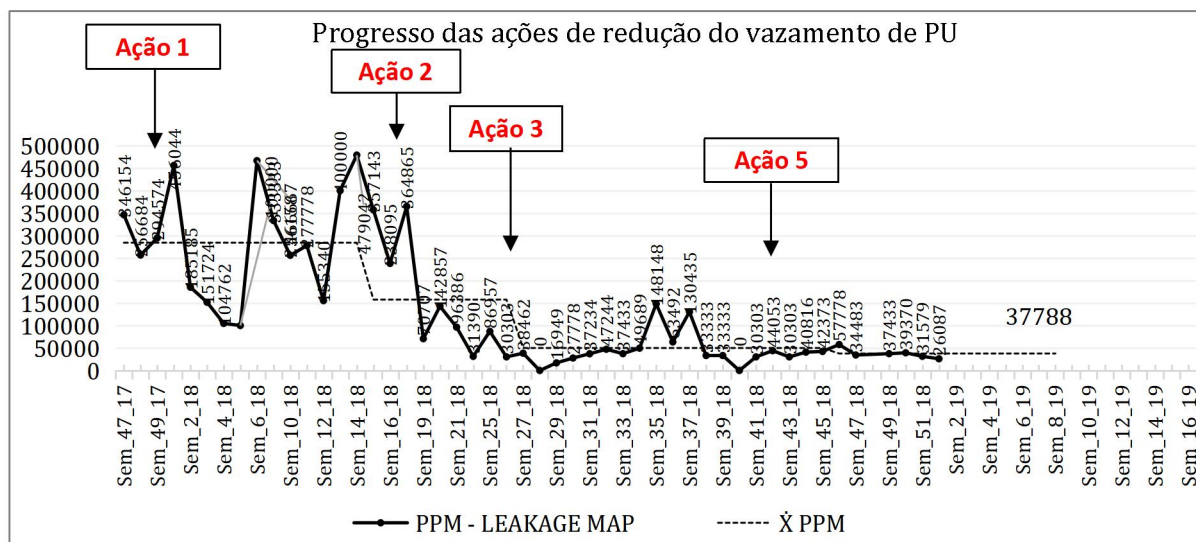
Em relação a ação 6, que era instalar o manipulador para montar o gabinete na moldura alinhado corretamente, demanda alto custo por precisar instalar uma linha de ar para alimentar as ventosas pneumáticas, desta forma, sendo uma ação demorada.

A mudança do *layout* da máquina de gelo seco, ação 7, requer baixo custo por poder ser realizada pela equipe de manutenção, mas o tempo de mudança de *layout* torna a ação com longo tempo de implementação. E por fim, a ação 8, de alteração da função do operador da área de retrabalho para a linha de montagem, tem baixo custo e tempo de implementação, pois requer apenas o recurso humano mudar descrição do cargo e salário.

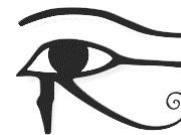
## 6. Monitoramento dos resultados das contramedidas

O monitoramento dos resultados permitiu entender o comportamento do processo com a implementação das contramedidas, conforme é mostrado na Figura 4.

Figura 4. Impactos das ações na redução do índice de vazamento de PU do Modelo 210.



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)



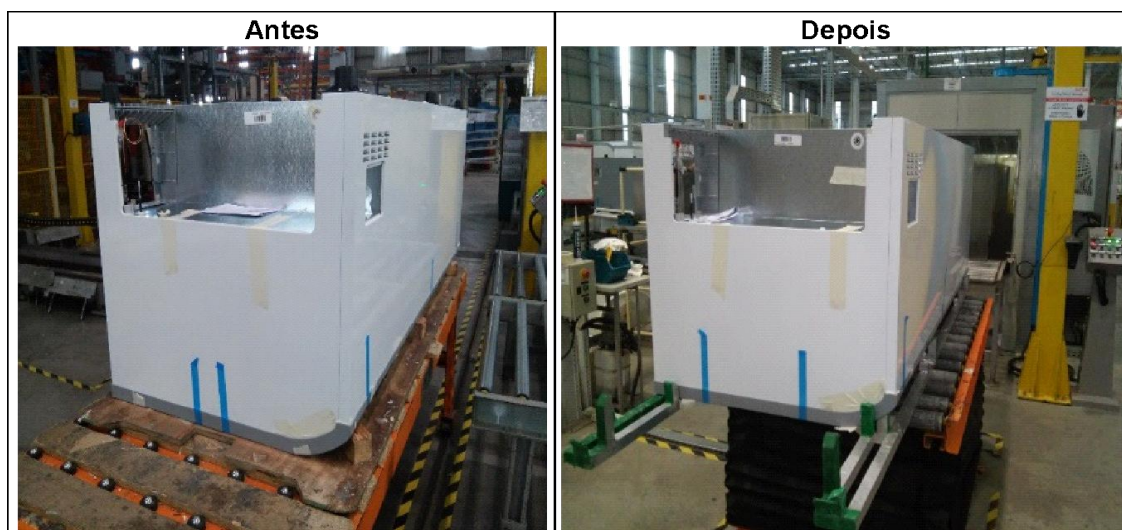
Na Figura 4 é possível observar que a ação 1 não incidiu na mitigação do vazamento de poliuretano. Nas primeiras duas semanas o vazamento diminuiu, mas logo em seguida voltou a aumentar. Isso porque a ação 1, de acoplamento dos freezers, dependente muito da ação dos operadores que, logo após o treinamento, voltavam a executar o acoplamento de forma incorreta.

Com a implementação da ação 2 e com as novas bases de alumínio instaladas, se conseguiu padronizar o processo de montagem dos freezers pois as novas bases tinham um gabarito de acoplamento, que eram resistentes e evitavam erros de instalação. Apesar da ação ter sido positiva a meta de redução de vazamento de PU, para 40.000 ppm, não foi alcançada porque a mesa onde o produto estava apoiado não fornecia área de apoio para toda o comprimento das novas bases, a redução foi próxima de 157.000 ppm. Entretanto, foi uma ação que se manteve estável nas semanas seguintes.

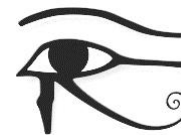
Com a ação 3, que era aumentar o comprimento da mesa de acoplamento, a meta de redução para 40.000 ppm foi alcançada, entretanto o processo não se manteve estável, visto que os operadores por muitas vezes não encaixavam perfeitamente o freezer no molde e não posicionavam corretamente o produto em cima da mesa. Apenas quando a ação 5, de padronização das Instruções de Trabalho (IT), foi implementada, todos os padrões foram seguidos e os processos tiveram repetibilidade, garantindo assim, estabilidade ao processo.

Na Figura 5 pode-se verificar as bases de processo e mesas de acoplamento, antes e depois da implementação das ações 2 e 3.

**Figura 5.** Novas bases de processos e mesa de acoplamento.



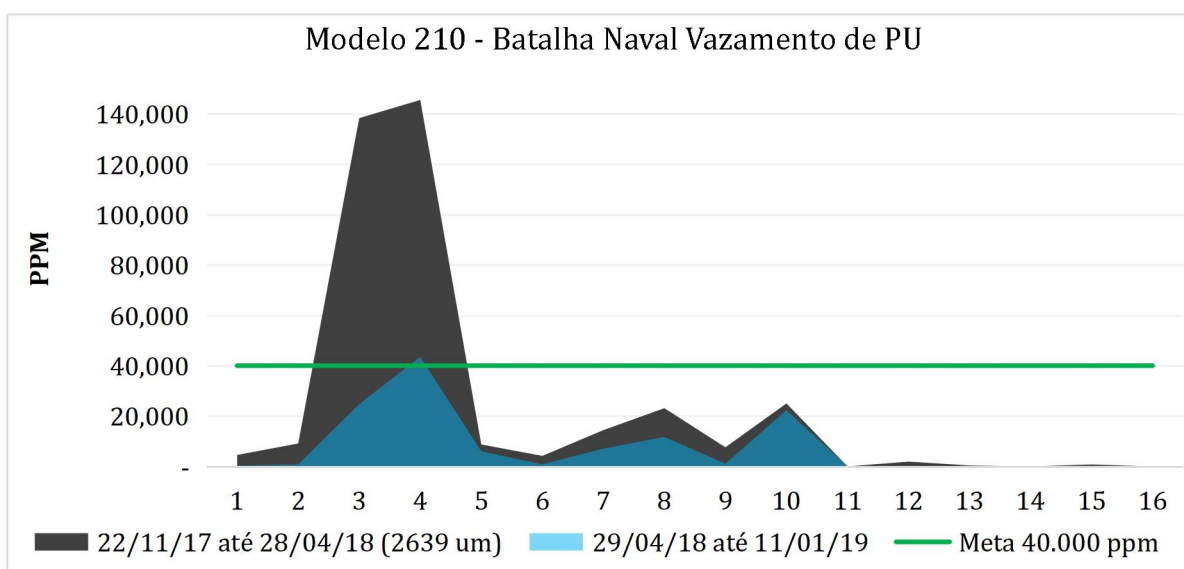
**Fonte:** Dados primários da pesquisa (2019).



As imagens comparativas mostram a melhoria na mesa de acoplamento, agora com rolos e alinhadas. A nova mesa apoia a base de alumínio dos refrigeradores, reduzindo falhas de montagem. Como descrito por Gorobynskaya e Krivtsova (2025), decisões rápidas e baseadas em dados mitigam o desperdício tornando o processo industrial não apenas mais rápido, mas também mais limpo e econômico.

Na Figura 6 é mostrado o comparativo da batalha naval dos locais de vazamento de poliuretano antes e depois da implementação das contramedidas 2 e 3 no período de 29/04/18 até 11/01/19.

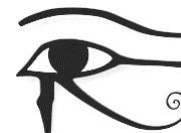
**Figura 6.** Comparativo da batalha naval dos locais de vazamento de PU do modelo Paris 210 após a padronização das ações 2 e 3.



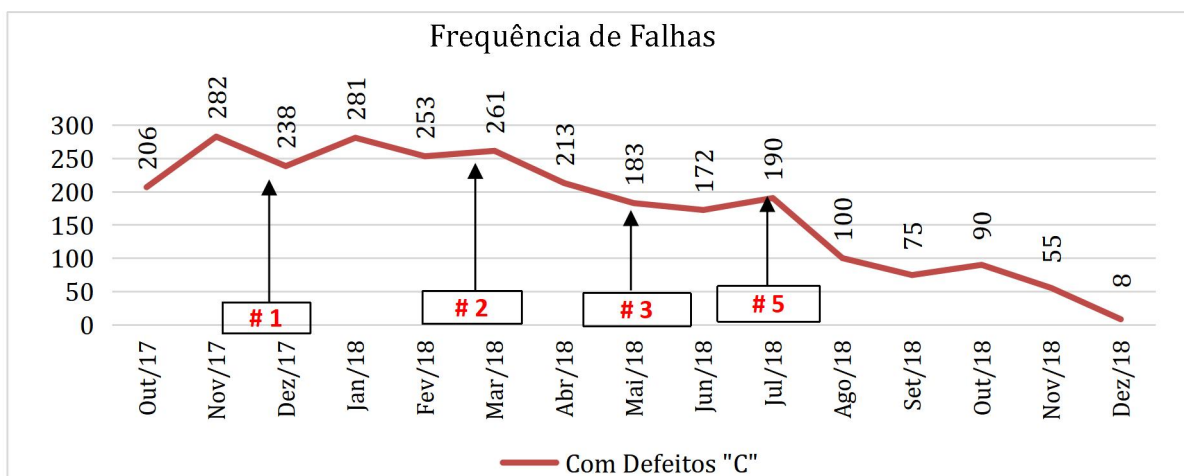
**Fonte:** Dados primários da pesquisa (2019).

Como pode-se observar na Figura 6, após a implementação das ações de contramedidas, a quantidade de vazamento de PU reduziu de 255.000 para aproximadamente 38.000 ppm. A substituição dos pallets de madeira por novas bases em alumínio e o aumento do tamanho da mesa onde os operadores acoplam os freezers, foram ações que possibilitaram que número de falhas diminuisse consideravelmente.

A Figura 7 apresenta dados sobre a frequência de falhas do tipo C (vazamento PU, sujeira e bolhas no silicone) em relação aos meses de implementação das ações.



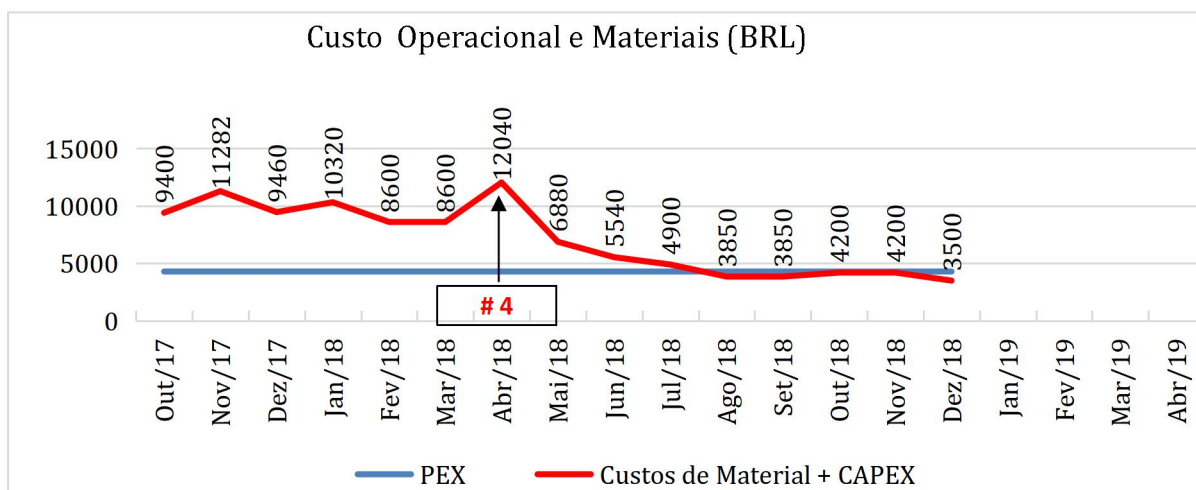
**Figura 7.** Evolução da melhoria no índice de defeitos.



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019).

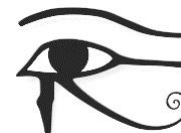
Na Figura 7 pode-se observar a diminuição dos defeitos C, pois com a implementação das ações, os vazamentos diminuíram e consequentemente diminuiu também a frequência de riscos, sujidades e bolhas de silicone. Já a Figura 8 contém a relação entre os custos derivados dos defeitos em relação ao tempo de implementação das ações.

**Figura 8.** Redução de custo de materiais.



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019).

Na Figura 8 pode-se verificar que a implementação da ação 2 e 3, reduziu o número de ppm de defeitos C. Sendo assim, não era mais necessário um operador dedicado exclusivamente para atuar no retrabalho de manutenção dos freezers com vazamento. Com estas medidas, foi possível transferir o operador para a linha de montagem para ajudar a acoplar os componentes e o retrabalho ainda necessário, foi balanceado entre a linha. Com



estas mudanças, percebeu-se a necessidade de mudar a embalagem do gelo seco para que ele conservasse por mais tempo armazenado.

Nota-se ainda na Figura 8, que com a efetivação da ação 4, que era a troca da embalagem do gelo seco, houve a diminuição dos custos operacionais de aproximadamente R\$ 11.000,00 para cerca de R\$ 4.000,00. Na Figura 9 é mostrado como era a embalagem de gelo seco antes e depois da alteração solicitada ao fornecedor.

**Figura 9.** Nova embalagem desenvolvida com novo fornecedor.

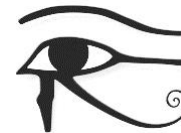


**Fonte:** Dados primários da pesquisa (2019).

Como mostrado na Figura 9, depois das alterações serem solicitadas ao fornecedor, a nova embalagem de armazenamento de gelo seco tem uma vedação muito superior e mais eficiente do que a anterior, permitindo uma maior conservação do material e prevenindo a perda de dióxido de carbono através da sublimação.

Para confirmar se estas ações implementadas eram estatisticamente significantes e não puramente sorte, foi usada a estatística do qui-quadrado (UNICAMP, 2019). Inicialmente o projeto apresentava o número de defeitos de 255.000 ppm para o modelo 210, em relação a 3737 amostras. Após a implementação da ação 2 na semana 17 e a ação 3 na semana 25, o número de falhas diminuiu para 37.778 ppm.

Estes dados foram aplicados na equação do qui-quadrado e foi encontrado o valor de  $\chi^2 = 232$ , que por sua vez, é maior do que o valor limite, de 140,17. Neste caso, o valor de  $(\alpha)$  que corresponde que a margem de erro que rejeita hipótese nula é menor que 0,005%, a qual representa a probabilidade de as contramedidas terem significância na diminuição dos vazamentos de poliuretano e defeitos C, maior que 99.995%. Segundo Rosa,



Ohara e Menuchi (2024), o teste de hipótese qui-quadrado é uma ferramenta estatística muito confiável e utilizada para determinar se uma hipótese deve ser aceita ou rejeitada.

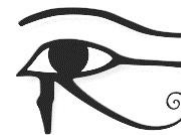
Em todo o processo, pôde-se verificar o investimento de R\$ 50.000,00 na ação 2, relativo à implementação das novas bases em alumínio. Os ganhos foram mensurados e as melhorias totalizaram em R\$ 135.000,00 de redução de custos, assim no primeiro ano o ganho foi de R\$ 85.400,00 e R\$ 135.400,00 nos anos seguintes.

## DISCUSSÃO

A aplicação prática do relatório A3 *Problem Solving* demonstrou ser uma abordagem metodológica altamente robusta e eficaz para a resolução de problemas complexos de qualidade no chão de fábrica. A estrutura da pesquisa-ação, ao promover o engajamento de uma equipe multifuncional (diretoria, gerência, engenharia e operação), foi o pilar fundamental para garantir que o diagnóstico das causas raízes não ficasse restrito a suposições isoladas, mas sim baseado na observação direta do processo.

O desdobramento inicial por meio do gráfico de pareto validou a premissa de que o vazamento de poliuretano era o principal detratador da qualidade (representando 51% das falhas), justificando a priorização do Modelo 210 como estudo de caso. A ineficácia observada na Ação 1 (treinamento isolado dos operadores), cujos resultados positivos duraram apenas duas semanas, traz uma reflexão crucial sobre a gestão da rotina: processos que dependem exclusivamente da variabilidade do comportamento humano tendem à instabilidade. Isso reforça os conceitos de Lean Manufacturing, evidenciando que o treinamento só é efetivo quando ancorado por barreiras físicas e ferramentas padronizadas.

O ponto de virada do projeto ocorreu com a transição do foco nas pessoas para o foco no design do processo (Ações 2 e 3). A substituição dos pallets de madeira por bases de alumínio usinadas eliminou a flexibilidade estrutural e o desalinhamento que causavam o vazamento nos pontos críticos mapeados na "batalha naval". Complementarmente, o aumento físico da mesa de acoplamento garantiu a distribuição uniforme do peso e do apoio, atacando a causa geométrica da falha. No entanto, como demonstrado nos dados de monitoramento, a estabilização definitiva do índice de rejeitos (alcançando o patamar de aproximadamente 38.000 ppm) só se consolidou após a formalização das Instruções de Trabalho (Ação 5). Este comportamento corrobora a máxima da melhoria contínua: não há melhoria onde não há padronização.



Sob a ótica financeira e de produtividade, a eliminação do posto fixo de retrabalho e a consequente realocação do operador para atividades que agregam valor direto ao produto permitiram à empresa recuperar 7,5% de produtividade na linha de montagem. A validação estatística pelo teste Qui-Quadrado conferiu rigor científico ao estudo, provando com 99,995% de confiança que a drástica redução de desperdícios e custos (gerando economia de R\$ 135.400,00 nos anos subsequentes) foi resultado direto das contramedidas de engenharia implementadas, e não de oscilações casuais do mercado ou da produção.

## CONCLUSÃO

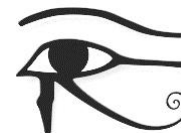
A metodologia do relatório A3 para análise e solução de problemas permitiu entender de forma clara o problema e implementar soluções eficazes para a empresa do setor de produção de refrigeradores na cidade de Navegantes em Santa Catarina, a qual tinha como principal problema defeitos que eram gerados na linha de produção. A empresa tinha uma queda na produtividade de 7,5% e havia um colaborador dedicado na realização do retrabalho, que não agrega valor ao produto, o qual custava R\$ 103.000,00 ao ano, o custo da não qualidade demandava o consumo de materiais para o retrabalho que totalizavam R\$ 185.000,00.

Desta forma, a metodologia do relatório A3, para análise e solução de problemas, foi aplicada com sucesso, onde foi possível entender as causas raízes e implementar um plano de ação eficaz para a melhoria da produtividade e da qualidade em conjunto com a redução dos custos de produção.

O presente projeto atendeu ao objetivo de reduzir índice de defeitos de 255.285 ppm para menos que 40.000 ppm até fevereiro de 2019. O projeto permitiu a realocação do operador que realizava retrabalho para a linha de montagem em atividades que agregam valor no produto recuperando 7,5% de produtividade. Ainda por meio da execução dos procedimentos estabelecidos e padronizados, foi evidenciada a redução de custos, com mão de obra e materiais, de R\$ 85.400,00 no primeiro ano e R\$ 135.400,00 nos anos seguintes.

## REFERÊNCIAS

BATISTA, Pedro I. B.; YUGUE, Ricardo T.; ROCHA, Joaquin H. A. Gestão de equipes de projetos de engenharia em organização de estrutura matricial. **Gestão e Projetos: GeP**, v. 14, n. 1, p. 66-95, 2023



BRANDÃO, Afonso M. P. S. **O uso do IOT no A3 problem solving**. 2023. 96 p. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2023.

DA COSTA, Carlos E. S. *et al.* Aplicação das ferramentas de qualidade-controle estatísticos de processos e diagrama de Ishikawa na determinação da qualidade de um processo produtivo de Limão. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 5, p. 1794-1819, 2023.

DUMITRASCU, Dorin-Ion. Quality management for industrial projects. **RECENT-REzultatele CERcetărilor Noastre Tehnice**, v. 23, n. 3, p. 118-122, 2022.

GOROBYNSKAYA Marianna; KRIVTSOVA Tetiana. The impact of industry 5.0 on enterprise resilience in the digital environment. **Financial and Credit Systems: Prospects for Development**, v. 12, n. 17, p. 167-179, 2025.

MENEZES, Afonso H. N. *et al.* **Metodologia científica teoria e aplicação na educação a distância**. Petrolina: 2019. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2019.

ROSA, Claudio D.; OHARA, David; MENUCHI, Marcos R. T. P. Tutorial para realização do teste do qui-quadrado de pearson no excel e IBM SPSS. **LICERE-Revista do Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Estudos do Lazer**, v. 27, n. 3, p. 1-11, 2024.

SABATIN, Igor C. *et al.* A importância da satisfação do cliente para empresa. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 3, n. 3, p. e331219-e331219, 2022.

SCHROEDER, Juliana S. **Aplicação de metodologias ágeis e colaborativas com foco em gamificação no processo de desenvolvimento de produtos tradicional**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2021.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. Cortez editora, 2025.

TORTORELLA, Guilherme L. *et al.* Integration of industry 4.0 technologies into total productive maintenance practices. **International Journal of Production Economics**, v. 240, p. 108224, 2021.

UNICAMP. **Distribuição do Qui-Quadrado – X2n**. 2019. Tabela on-line. Disponível em: <https://www.ime.unicamp.br/~cnaber/Tabela%20da%20Qui-quadrado.pdf>. Acesso em: 19 set. 2020.