



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

MATHEUS SILVA GADELHA DA CUNHA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DA QUALIDADE PARA RESTAURAR
CONDIÇÕES DE BASE E MINIMIZAR PERDAS DE AR COMPRIMIDO EM UM
POLO AUTOMOTIVO**

JOÃO PESSOA
2024

MATHEUS SILVA GADELHA DA CUNHA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DA QUALIDADE PARA RESTAURAR
CONDIÇÕES DE BASE E MINIMIZAR PERDAS DE AR COMPRIMIDO EM UM
POLO AUTOMOTIVO**

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal da Paraíba como um dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Guedes de Oliveira

JOÃO PESSOA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C972a Cunha, Matheus Silva Gadelha da.

Aplicação de metodologias da qualidade para restaurar condições de base e minimizar perdas de ar comprimido em um polo automotivo / Matheus Silva Gadelha da Cunha. - João Pessoa, 2024.

35 f. : il.

Orientação: Lucas Guedes de Oliveira.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Qualidade. 2. Gestão da qualidade. 3. MASP. 4. Melhoria contínua. 5. Eficiência energética. I. de Oliveira, Lucas Guedes. II. Título.

UFPB/CT

CDU 658.5(043.2)

MATHEUS SILVA GADELHA DA CUNHA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DA QUALIDADE PARA RESTAURAR
CONDIÇÕES DE BASE E MINIMIZAR PERDAS DE AR COMPRIMIDO EM UM
POLO AUTOMOTIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à **Coordenação de Graduação do Curso de Engenharia de Produção Mecânica** da UFPB, apresentado em sessão de defesa pública realizada em 14/10/2024, obtendo o conceito Aprovado, sob avaliação da banca examinadora a seguir:



Prof. Dr. Lucas Guedes de Oliveira - Orientador - DEP/CT/UFPB

Documento assinado digitalmente

gov.br

LUCIANO COSTA SANTOS

Data: 04/11/2024 21:20:06-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luciano Costa Santos - Membro - DEP/CT/UFPB

Documento assinado digitalmente

gov.br

RENATA DE OLIVEIRA MOTA

Data: 04/11/2024 17:51:02-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Renata de Oliveira Mota - Membro - DEP/CT/UFPB

João Pessoa (PB)

Outubro/2024

Dedico este trabalho ao meu avô Reginaldo Cunha por ter investido da minha educação desde criança e ter me ensinado o caminho correto para seguir, possibilitando a realização do sonho de cursar engenharia.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus por me conceder sabedoria e conhecimento ao longo desta jornada acadêmica, que, embora extensa, foi necessária para minha formação pessoal e profissional.

À minha querida avó Maria do Carmo e Tia Adriane Cunha, por seu amor, inspiração e motivação. Suas palavras de incentivo sempre me inspiraram a continuar e não desistir da caminhada.

Ao Lucas Guedes, meu orientador, e à Renata Mota e Luciano Santos, minha banca avaliadora, por suas recomendações e instruções que contribuíram para o desenvolvimento deste TCC.

Aos docentes do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, por sua excelência no ensino e por compartilhar seus conhecimentos comigo durante minha educação.

Aos meus colegas de classe Neto Almeida e José Carlos, pelo apoio mútuo, companheirismo e amizade. À Cecília por me apoiar nesta pesquisa. Ao trabalhar juntos, superamos os obstáculos e celebramos o sucesso.

Aos meus tutores do estágio Tiago Melo e Yasmim Sousa, à liderança da automação Charles Medeiros e Gabriel Gontijo e ao gerente Ivo João por permitir a realização deste estudo de caso e fornecer os recursos, treinamento e informações necessárias para a escrita deste TCC.

“Os problemas significativos com os quais nos deparamos não podem ser resolvidos no mesmo nível de pensamento em que estávamos quando eles foram criados.”

Albert Einstein

RESUMO

A melhoria contínua é um processo de evolução organizacional que ocorre em diferentes níveis e pode ser promovido por várias estratégias, incluindo o modelo de gestão da qualidade total e o uso de diversas ferramentas de qualidade. O objetivo deste estudo foi identificar e implementar ações corretivas para reduzir ou eliminar vazamentos de ar comprimido no sistema de distribuição de uma indústria automobilística, com a finalidade de otimizar a eficiência energética e reduzir custos operacionais. Para isso, são investigadas metodologias de qualidade voltadas para a solução de problemas, destacando o uso do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP). A utilização de uma abordagem de melhoria contínua mostrou-se eficaz para enfrentar problemas específicos, como os vazamentos de ar comprimido na indústria automobilística. Os resultados demonstraram que o uso do MASP contribui para a sustentabilidade do processo produtivo, além de reforçarem a importância de estratégias proativas de gestão da qualidade.

Palavras-chave: Qualidade, Gestão da qualidade, MASP, Melhoria contínua, Eficiência energética.

ABSTRACT

Continuous improvement is an organizational evolution process that occurs at different levels and can be promoted through various strategies, including the total quality management model and the use of diverse quality tools. The objective of this study was to identify and implement corrective actions to reduce or eliminate compressed air leaks in the distribution system of an automotive industry, with the goal of optimizing energy efficiency and reducing operational costs. To achieve this, quality methodologies focused on problem-solving were investigated, highlighting the use of the Analysis and Problem-Solving Method (MASP). The use of a continuous improvement approach proved effective in addressing specific issues, such as compressed air leaks in the automotive industry. The results demonstrated that the application of MASP contribute to the sustainability of the production process while also reinforcing the importance of proactive quality management strategies.

Keywords: Quality, Quality Management, MASP, Continuous Improvement, Energy Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz GUT	23
Figura 2 - Gráfico temporal de consumo de ar comprimido	24
Figura 3 - Diagrama de Ishikawa	25
Figura 4 - <i>Sprints</i> do time Scrum.....	26
Figura 5 - Dashboard em Power Bi	27
Figura 6 - Dados acumulados de pontos de inspeção em diferentes setores	28
Figura 7 - Máquinas com mais respostas	29
Figura 8 - Tipos de falhas mais frequentes.....	29
Figura 9 - Estações com mais respostas	30
Figura 10 - Pontos fechados	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ferramentas combinadas.....	17
Quadro 2 – Ferramentas Utilizadas.....	17
Quadro 3 – Matriz GUT.....	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVO GERAL	13
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. GESTÃO DA QUALIDADE	14
2.2. METODOLOGIAS DA QUALIDADE	14
2.2.1. PDCA e MASP	14
2.2.2. DMAIC	15
2.3. KAIZEN	15
2.4. 5G	15
2.5. METODOLOGIA SCRUM.....	16
2.6. FERRAMENTAS APLICADAS NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	17
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	20
3.2. AMBIENTE DA PESQUISA	20
3.3. MÉTODO	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
4.1. ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.....	22
4.1.1. Identificação do problema	22
4.1.2. Análise das causas.....	24
4.1.3. Geração de soluções.....	25
4.1.4. Implementação das soluções.....	26
4.1.5. Avaliação de impacto das soluções implementadas.....	28
3 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33
APÊNDICE	34

1. INTRODUÇÃO

A melhoria contínua é um processo de evolução organizacional que pode ocorrer em vários níveis e ser alcançada por meio de diferentes estratégias, desde a implementação do modelo de gestão da qualidade total até a utilização de diversas ferramentas de qualidade disponíveis (Pompermayer, 2020).

Este estudo sobre qualidade visa explorar o uso das ferramentas de melhoria contínua como recurso essencial para a aplicação prática em uma indústria moderna. Utilizando a análise da matriz GUT com os principais problemas do setor de energia, foi priorizada a solução com uma abordagem direcionada aos vazamentos de ar comprimido na indústria automobilística, sendo possível aprofundar o entendimento sobre técnicas específicas de qualidade e seu impacto na eficiência e custo operacional.

A indústria automotiva é notoriamente sensível a questões de custos, tornando a minimização de perdas não apenas uma questão de eficiência, mas também uma oportunidade para garantir a sustentabilidade das operações. Logo, a presente pesquisa foi classificada como um estudo de caso. O ambiente da pesquisa foi caracterizada por processos complexos e um alto volume de operações. Esse setor enfrenta desafios constantes, incluindo a necessidade de manter eficiência operacional. Neste ambiente, a identificação de vazamentos de ar comprimido, são cruciais para otimizar a eficiência energética e reduzir desperdícios.

O trabalho teve por objetivo geral identificar e implementar ações corretivas para reduzir ou eliminar vazamentos de ar comprimido no sistema de distribuição da produção industrial. Tendo como objetivos específicos investigar as ferramentas associadas; ressaltar a importância do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) na melhoria da eficiência energética e para uma redução significativa nos custos de operação.

A escolha do ambiente de estudo se deve ao seu potencial para a implementação de abordagens proativas de gestão da qualidade, o que pode resultar em melhorias significativas na performance geral da produção. As melhorias visaram aumentar a eficiência energética e reduzir custos, contribuindo para a sustentabilidade do processo produtivo.

1.1. OBJETIVO GERAL

Aplicar metodologias, ferramentas e filosofias da qualidade para desenvolver uma abordagem de solução de problemas aplicada a um projeto real para reduzir perdas de ar comprimido em um polo automotivo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar as metodologias da qualidade e suas ferramentas associadas;
- Realizar uma análise conjunta das metodologias e sua aplicação em cada etapa de execução.
- Propor um roteiro aplicado ao problema de perda de ar comprimido, incluindo as causas de vazamento, ações corretivas, consumo de energia, treinamento e padronização.
- Realizar um estudo de caso prático e coletar os resultados e benefícios obtidos pela aplicação das metodologias estudadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. GESTÃO DA QUALIDADE

A Gestão da qualidade é aplicada buscando garantir o padrão de qualidade dos produtos, serviços ou processos, proporcionando o alinhamento com os objetivos estratégicos da empresa. Metodologias da qualidade como Ciclo PDCA, MASP, DMAIC e ferramentas tradicionais, podem ser aplicadas para identificar e solucionar problemas das mais diversas áreas dentro das organizações.

2.2. METODOLOGIAS

2.2.1. PDCA e MASP

Conforme Werkema (2024, p. 25), "O Ciclo PDCA é uma metodologia de gestão que representa o caminho a ser seguido para alcançar as metas definidas." Para aplicar esse método de maneira eficaz, pode ser necessário utilizar diversas ferramentas analíticas, que são essenciais para coletar, processar e apresentar as informações necessárias para guiar cada etapa do ciclo PDCA. A implementação adequada dessa técnica permite o desenvolvimento sustentável da empresa, assegurando uma base firme para o crescimento e facilitando a melhoria contínua dos processos. As etapas são definidas da seguinte forma

- I. Planejar (*Plan*): o que precisa ser feito?
- II. Fazer (*Do*): Executar o planejamento.
- III. Verificar (*Check*): Analisar resultados obtidos.
- IV. Agir (*Act*): Padronizar a melhor solução.

O MASP apoia o processo de identificação, solução e acompanhamento de problemas que surgem no Ciclo PDCA atuando como um complemento para solucionar problemas mais complexos, a estrutura fica da seguinte forma:

- I. Planejar (*Plan*): Identificação do problema, observação das causas raízes, análise de dados e plano de ação para corrigir o problema.
- II. Fazer (*Do*): Executar tarefas planejadas.

- III. Verificar (*Check*): Analisar resultados obtidos.
- IV. Agir (*Act*): Padronização, conclusão e melhorias futuras.

2.2.2. DMAIC

Originado na Motorola, o método DMAIC é visto como um elemento fundamental para o êxito na implementação do Seis Sigma. Ele consiste em cinco etapas que precisam ser rigorosamente seguidas para garantir resultados satisfatórios no projeto, além de ações específicas que devem ser realizadas em cada fase (Werkema, 2024). As cinco etapas são as seguintes:

- I. Definir (*Define*): São estabelecidos os objetivos do projeto, as metas de melhoria e os resultados esperados, sempre focando nas necessidades do cliente e nos objetivos estratégicos da organização.
- II. Medir (*Measure*): Essa etapa envolve a medição da situação inicial para que, no final do projeto, seja possível comparar os resultados e verificar as melhorias.
- III. Analisar (*Analyze*): Identificam-se o problema para entender o que está gerando a variabilidade no processo.
- IV. Melhorar (*Improve*): Desenvolver e implementar soluções para melhorar o processo.
- V. Controlar (*Control*): Monitorar e controlar processos e fazer ajustes, se necessário, para evitar o retorno do problema.

2.3. KAIZEN

Segundo Amorim (2023), ao adotarmos o Kaizen, estamos, por conseguinte, cultivando o hábito da melhoria contínua. A implementação do kaizen permite que os gestores assegurem que suas equipes realizem as operações diárias de maneira consistente, resultando em resultados sustentáveis e um progresso gradual ao longo do tempo.

Especificamente, o conceito de Kaizen é amplamente utilizado nas empresas para aumentar a produtividade, visando alcançar a máxima eficiência na produção, englobando processos, projetos e pessoas (Amorim, 2023).

2.4. 5G

5G é uma metodologia essencial utilizada por equipes para descobrir sua causa raiz e eliminar sua ocorrência através de uma sequência de atividades disciplinada detalhada da seguinte forma:

- Gemba: Nesta etapa, a equipe deve observar o problema diretamente no local, em vez de confiar nas declarações de operadores ou outras fontes.
- Gembutsu: No segundo "G", a equipe deve medir ou analisar as peças envolvidas no problema, realizando uma observação minuciosa de todos os aspectos relacionados.
- Genjitsu: No terceiro "G", a tarefa é analisar os registros das peças problemáticas e investigar o histórico para identificar "o que mudou e quando isso ocorreu?".
- Genri: No quarto "G", é importante consultar os documentos que definem os padrões técnicos relacionados à peça, como desenhos, especificações e ciclos de trabalho, para entender como o processo deveria ocorrer em um cenário ideal.
- Gensoku: Por fim, deve-se verificar se o padrão técnico relacionado à peça foi respeitado durante a sua produção.

2.5. METODOLOGIA SCRUM

De acordo com Werkema, (2024), o Scrum é uma abordagem ágil que se fundamenta no empirismo e na filosofia *Lean*, resultando em um processo tanto iterativo quanto incremental. O empirismo defende que o conhecimento é adquirido por meio da experiência e da observação, permitindo que a equipe de Scrum tome decisões informadas baseadas em dados concretos. Por sua vez, o *Lean* enfatiza a eliminação de desperdícios e a concentração no que é essencial, o que ajuda na otimização, previsão e gerenciamento dos riscos de um projeto. Segundo o Guia de Scrum dos autores Schwaber e Sutherland (2020), o *framework* Scrum é estruturado em pilares, valores, responsabilidades, eventos e artefatos, que se dividem da seguinte forma:

- a) Três pilares: Transparência, Inspeção e Adaptação;
- b) Cinco valores: Compromisso, Foco, Abertura, Respeito e Coragem;
- c) Três responsabilidades: Scrum *Master*, *Product Owner* e Desenvolvedores;
- d) Quatro eventos formais: Planejamento da *Sprint* (*Sprint Planning*), Reunião Diária (*Daily Scrum*), Revisão da *Sprint* (*Sprint Review*) e Retrospectiva da *Sprint* (*Sprint*

Retrospective);

e) Três artefatos: *Product Backlog*, *Sprint Backlog* e Incremento.

2.6. FERRAMENTAS APLICADAS NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Para discutir as vantagens das abordagens de solução de problemas (PDCA, MASP, KAIZEN, 5G, DMAIC e SCRUM) de acordo com as etapas de identificação, analisar causas do problema, gerar soluções, implementar soluções e avaliar impacto da solução implementada, podemos observar como cada uma dessas metodologias se aplica a cada fase do processo (Quadro 1).

Quadro 1 - Ferramentas combinadas

ETAPAS	PDCA	MASP	KAIZEN	5G	DMAIC	SCRUM
Identificar problema	Coletar dados preliminares.	Coletar informações relevantes.	Avaliar áreas para melhorias.	Observação no local de trabalho.	Definir escopo e <i>stakeholders</i> .	Criar <i>backlog</i> priorizado
Analisar Causas do problema	Análise e identificar padrões.	Determinar causas raízes.	Descobrir os fatores que afetam a qualidade.	Avaliação prática das operações.	Coleta de dados detalhados do desempenho.	Planejamento de prioridades em reuniões.
Gerar soluções	Desenvolver plano de ação.	Propostas de ações práticas.	Propostas de melhoria.	<i>Brainstorming</i> : Gerar ideias em conjunto.	Avaliar soluções viáveis.	<i>Sprints</i> curtos de desenvolvimento.
Implementar soluções.	Executar soluções e monitorar.	Executar ações conforme o cronograma.	Implementação de melhorias adaptáveis	Acompanhar execução em campo.	Implementação rigorosa das soluções.	Execução das atividades planejadas nos <i>sprints</i> .
Avaliar impacto da solução implementada.	Revisão e repetição do ciclo.	Formalizar soluções em procedimentos padrões.	Refletir sobre o que funcionou e o que pode melhorar.	Monitoramento e ajustes com <i>feedback</i> constante.	Garantir melhorias sustentáveis ao longo do tempo.	Análise de desempenho nas reuniões de retrospectiva.

Fonte: Adaptado de Werkema (2024)

Quadro 2 – Ferramentas Utilizadas

Etapa	Descrição	Ferramentas Utilizadas
Identificar Problema	Identificação do problema inicial e entendimento do impacto para a empresa.	Matriz GUT, Gráfico de barras,
Analisar causas	Análise detalhada para identificar o problema.	Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa), Ferramenta 5G

		(Gemba Walk), Câmera supersônica
Gerar soluções	Desenvolvimento e seleção de possíveis soluções para as causas do problema.	<i>Sprints, Brainstorming,</i>
Implementar soluções	Aplicação prática das soluções escolhidas, com foco em resolver o problema identificado.	Checklists de implementação, SCRUM para organização de tarefas, 5G
Avaliar impacto da solução implementada	Verificação do impacto das soluções e ajustes para garantir eficácia e sustentabilidade.	Gráficos de Controle, Power BI para análise de resultados, Auditorias, Relatórios.

Fonte: Adaptado de Werkema (2024)

Na etapa de identificação do problema, o PDCA oferece uma abordagem cíclica que envolve a definição clara do problema, facilitando a compreensão da situação atual. Essa metodologia promove o envolvimento de toda a equipe, garantindo que diferentes perspectivas sejam consideradas. O MASP, por sua vez, se concentra em identificar não apenas o problema em si, mas também as suas causas subjacentes. Isso ajuda a evitar soluções superficiais e garante que a verdadeira raiz do problema seja abordada. Além disso, a Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) prioriza a gravidade do problema, enquanto o gráfico de barras ajuda na medição dos dados ao longo do tempo.

A vantagem do KAIZEN nesta fase é a sua ênfase na participação de todos os colaboradores, incentivando uma cultura onde os funcionários se sentem à vontade para relatar problemas. Isso resulta em uma identificação mais rápida e precisa de questões que precisam ser resolvidas. O 5G utiliza a prática de observação no local (*Gemba*) para identificar problemas diretamente na fonte, proporcionando uma visão realista das condições operacionais. O DMAIC é eficaz em estabelecer a definição do problema de forma quantitativa, o que ajuda a direcionar os esforços de resolução. Por último, o SCRUM promove a transparência através de reuniões diárias, permitindo que os membros da equipe identifiquem problemas rapidamente, pois todos estão atualizados sobre o progresso e os obstáculos enfrentados.

Durante a fase de analisar causas, depois de identificar o problema, é fundamental compreender as causas raízes. O Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) permite detalhar a origem dos problemas. O PDCA promove a coleta de dados, enquanto o uso do MASP aqui é crucial, pois ajuda a organizar as informações e a focar nas causas mais significativas. O

KAIZEN oferece uma abordagem colaborativa, na qual as equipes podem realizar discussões para descobrir as causas subjacentes em um ambiente aberto e participativo. No 5G, a análise é feita através de visitas ao local de trabalho (*Gemba Walk*), onde os líderes podem observar e interagir com os processos, obtendo insights diretos sobre o que está causando os problemas. O DMAIC também traz uma abordagem rigorosa, utilizando ferramentas estatísticas para validar as causas e quantificar seu impacto. Por fim, no SCRUM, a análise ocorre de forma contínua durante os sprints, onde a equipe revisita os problemas e ajusta as estratégias conforme necessário, promovendo um ambiente adaptável e ágil.

Quando se trata de gerar soluções, o PDCA incentiva a criatividade e a participação da equipe, usando o *brainstorming*, garantindo que todas as sugestões sejam consideradas. O MASP também é valioso nesta fase, pois as soluções são baseadas em uma compreensão sólida das causas raiz identificadas anteriormente. O KAIZEN incentiva a implementação de pequenas melhorias contínuas, o que pode resultar em uma cultura de inovação constante e engajamento dos funcionários. O 5G enfatiza a agilidade na geração de soluções, permitindo que a equipe responda rapidamente a novas informações e feedback do chão de fábrica. O DMAIC apresenta um enfoque estruturado para a implementação de soluções, garantindo que elas sejam baseadas em dados e evidências, enquanto o SCRUM promove a experimentação durante os *sprints*, onde novas soluções podem ser testadas e refinadas rapidamente.

Na fase de implementação, o PDCA fornece uma estrutura clara que permite que as soluções sejam implementadas de forma sistemática e eficiente. O MASP orienta as equipes na execução das ações corretivas, assegurando que cada passo seja seguido conforme o plano. O KAIZEN se destaca aqui, pois as melhorias são implementadas de forma contínua e com a participação de todos, criando um sentimento de propriedade e responsabilidade entre os colaboradores. O 5G facilita a implementação ágil, permitindo que a equipe faça ajustes em tempo real. A organização do trabalho com *checklists* de implementação garante que cada etapa da execução seja cumprida conforme o planejado. O DMAIC assegura que a implementação das soluções seja realizada com um controle rigoroso, garantindo que os resultados sejam monitorados de forma eficaz. O SCRUM promove uma implementação iterativa e incremental, permitindo que as equipes ajustem suas abordagens com base no feedback imediato, resultando em uma maior adaptabilidade e eficácia.

Por fim, a etapa de avaliação do impacto das ações implementadas, onde todas essas metodologias realmente se destacam. O PDCA e sua natureza cíclica garantem que a melhoria nunca pare, pois, as equipes são incentivadas a visitar problemas e buscar constantemente formas de melhorar. O MASP promove uma cultura de análise constante, onde as soluções são

revisadas e aprimoradas regularmente. O KAIZEN é intrínseco à melhoria contínua, pois busca pequenas, mas significativas, mudanças que se acumulam ao longo do tempo.

O 5G enfatiza a cultura de feedback constante e adaptação, permitindo que as equipes façam melhorias em tempo real. O DMAIC inclui um controle rigoroso após a implementação, garantindo que os ganhos sejam sustentáveis e que novos problemas sejam rapidamente identificados. Gráficos de Controle monitoram a estabilidade dos processos após a implementação das soluções, e o uso de Power BI permite analisar os resultados em tempo real, facilitando a tomada de decisões com base em dados. Auditorias são realizadas para garantir que as melhorias foram eficazes. Por fim, o SCRUM e suas iterações constantes proporcionam uma estrutura que favorece a inovação e a melhoria contínua, permitindo que as equipes se adaptem às mudanças de forma rápida e eficiente.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa é classificada como estudo de caso. Segundo (Yin 2018), o estudo de caso é uma abordagem útil para explorar fenômenos contemporâneos em seu contexto real, permitindo uma compreensão profunda das complexidades do caso. Caracteriza-se como qualitativa, pois como Yin (2018) enfatiza, as metodologias qualitativas são essenciais para entender as dinâmicas de grupo e o processo de mudança em ambientes industriais, facilitando a implementação de melhorias contínuas.

Além disso, é uma pesquisa aplicada, com a intenção de gerar soluções práticas para desafios enfrentados pelas empresas, conforme Gil (2023). Também se configura como descritiva, uma vez que busca analisar as atividades desenvolvidas no projeto.

3.2. AMBIENTE DA PESQUISA

O ambiente da pesquisa foi o setor de energia em uma indústria do setor automotivo, caracterizada por processos de produção complexos e um alto volume de operações. Esse setor enfrenta desafios constantes, incluindo a necessidade de manter altos padrões de qualidade e eficiência operacional. Neste ambiente, a identificação e resolução de problemas, são cruciais para otimizar a eficiência energética e reduzir desperdícios. A indústria automotiva é notoriamente sensível a questões de custos, tornando a minimização de perdas não apenas uma

questão de eficiência, mas também uma oportunidade para garantir a sustentabilidade das operações. A escolha deste ambiente se deve ao seu potencial para a implementação de abordagens proativas de gestão da qualidade, o que pode resultar em melhorias significativas na performance geral da produção.

3.3. MÉTODO

O presente estudo utiliza uma abordagem estruturada, baseada no método de estudo de caso, conforme descrito por Cauchick (2007): (i) definição da estrutura teórica, (ii) planejamento do caso; (iii) coleta de dados; (iv) análise dos dados e (v) geração do relatório. Esta metodologia é amplamente aplicada na Engenharia de Produção e permite uma análise detalhada dos processos organizacionais. Essas etapas foram fundamentais para gerar os resultados do capítulo 5.

Etapa 1: Revisão de literatura sobre as metodologias proativas da qualidade e de projetos

A primeira etapa do método proposto consiste na revisão de literatura sobre as metodologias proativas de gestão da qualidade e de projetos, essencial para estabelecer o arcabouço teórico da pesquisa. Para o presente trabalho, foram revisadas as metodologias PDCA, MASP, KAIZEN, 5G, DMAIC e SCRUM, essas metodologias se conectam diretamente com o foco do estudo, que é a minimização das perdas de ar comprimido em sistemas de distribuição, um problema clássico em processos industriais que demanda soluções eficazes e ágeis.

Etapa 2: Descrição macro do setor analisado e justificativa

O setor selecionado para este estudo é a indústria automotiva, caracterizada por um ambiente dinâmico e em constante transformação. A abordagem proposta neste estudo visa não só detectar os vazamentos de ar comprimido, mas também utilizar a integração de tecnologias como sensores avançados e sistemas de análise de dados, alinhando-se aos princípios da indústria moderna. A escolha do problema também reflete a necessidade de minimizar perdas que impactam diretamente na produtividade e nos custos operacionais da planta.

Etapa 3: Observação e aplicação da abordagem desenvolvida

Com base nos princípios descritos por Cauchick (2007), a terceira etapa do método consiste na observação direta do ambiente de produção. Essa observação permite identificar de forma precisa as áreas com maiores perdas de ar comprimido, utilizando ferramentas avançadas, como a câmera supersônica, para detectar vazamentos. O foco principal é a identificação do problema para a investigação do local exato do vazamento, permitindo que as equipes responsáveis possam aplicar correções eficazes diretamente na linha de produção. A aplicação da abordagem também inclui a utilização de indicadores de desempenho para medir a eficácia das ações implementadas, incluindo a redução do nível de desperdício, a melhoria na eficiência energética e o impacto financeiro da redução das perdas.

Etapa 4: Análise da eficácia e discussão das implicações práticas

A última etapa do método proposto envolve a análise de eficácia da abordagem adotada. Conforme descrito por Cauchick (2007), "a etapa de análise de dados faz-se necessária a redução dos dados de tal forma que seja incluído na análise somente o essencial e que tem estreita ligação com os objetivos e constructos da pesquisa." Assim, a redução dos vazamentos foi analisada utilizando indicadores quantitativos e qualitativos, permitindo uma avaliação da metodologia desenvolvida. A análise inclui comparações antes e após a aplicação da metodologia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Esta seção apresenta o estudo de caso realizado em uma indústria automobilística, onde a melhoria contínua foi aplicada para desenvolver projetos de eficiência energética. Essa iniciativa teve como base as práticas do Lean Six Sigma e ferramentas de qualidade, com o objetivo de identificar, analisar, resolver e avaliar problemas no processo de gestão energética.

4.1.1. Identificação do problema

Com objetivo de identificar os problemas no processo de gestão de ar comprimido, foi realizada uma escala de prioridades através da Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), conforme apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Matriz GUT



Fonte: Adaptado de Sydle (2024).

O resultado da análise da Matriz GUT demonstrou que o problema mais crítico identificado foi o vazamento de ar comprimido, que obteve a pontuação máxima em todos os critérios de Gravidade, Urgência e Tendência, resultando em um valor GxUxT de 125. O qual indicou que o vazamento de ar comprimido representa o principal problema a ser solucionado, afetando diretamente a eficiência operacional e gerando custos elevados com energia. Enquanto os demais problemas foram em etapas burocrática para a aquisição de materiais para corrigir o problema principal.

Quadro 3 - Matriz GUT

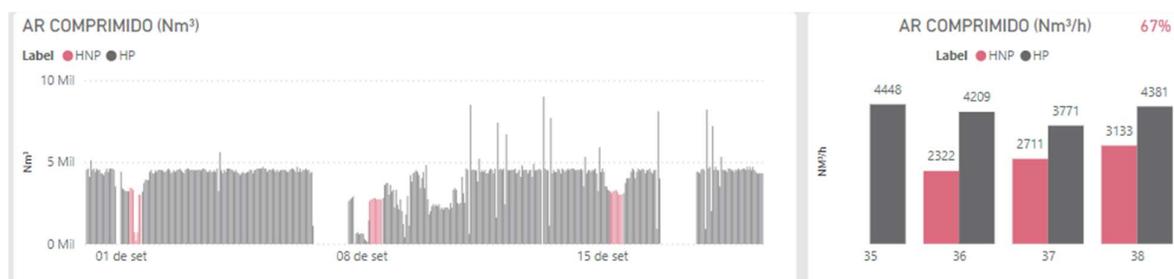
Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT	Classificação
Demora na emissão de pedidos	4	4	3	48	3º
Vazamento de ar comprimido	5	5	5	125	1º
Demora na criação de reservas	3	5	4	60	2º

Fonte: Autoria própria (2024)

Após a priorização do problema, foi realizada a análise do consumo do vetor em cada galpão através de relatórios em gráficos e o comparativo entre os medidores de pressão no envio e na chegada do vetor, para verificar o estado de conservação e avaliar o risco.

A figura 2 apresenta o gráfico temporal de consumo de ar comprimido ao longo do mês de setembro de 2024, juntamente com uma análise comparativa das semanas 35 a 38. Foram observadas oscilações no consumo de ar comprimido ao longo dos dias, com picos que indicam potenciais períodos de alta demanda e possíveis vazamentos. A identificação dos padrões irregulares foi essencial para priorizar as áreas com maior desperdício. Já o gráfico comparativo exibiu o consumo de ar comprimido em horário produtivo (HP) e horário não produtivo (HNP) nas semanas 35 a 38. Observa-se uma tendência de aumento do consumo em HNP, com 67% de desperdício indicando um problema sério de vazamentos que precisava ser endereçado rapidamente.

Figura 2 - Gráfico temporal de consumo de ar comprimido



Fonte: Dados cedidos pela empresa (2024).

O ar comprimido é o principal vetor do sistema, crucial para operar diversas máquinas em um ambiente industrial. Além disso, os compressores, secadores e outros componentes do sistema são equipados com sensores para automação industrial, o que garante a integridade e o controle remotamente.

No caso investigado, o foco foi realizar a restauração e controle de perdas de ar comprimido, a principal atividade envolveu fazer um Gemba utilizando uma câmera supersônica configurada de acordo com as condições de operação da empresa, moeda local, unidade e quantidade de pressão, custo de gás, custo de eletricidade, potência específica e horas de operação.

4.1.2. Análise das causas

Com a coleta dos dados foi possível analisar, com a equipe, a situação real de cada galpão. O diagrama de identificação de causa raiz foi utilizado para apresentar as principais causas do problema a ser resolvido, dessa forma podendo ter uma visibilidade melhor de como atacar o problema e minimizar seus impactos negativos (Figura 3).

Figura 3 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autoria própria (2024)

O diagrama foi estruturado com 6 principais causas para o problema estudado, Máquinas, métodos, materiais, medições, inspeção e gestão de processos. Máquinas modernas e tecnológicas são muito benéficas para a produção industrial, porém sua manutenção pode ser um pouco mais difícil, devido a necessidade de materiais importados para corrigir eventuais falhas, ao fazer um Gemba usando a câmera, foi captado ruídos excessivos causados por conexões e peças danificadas, além do uso inadequado das ferramentas pneumáticas causando rompimento nas mangueiras. O elevado custo para manutenção e falta de peças de reposição no estoque causaram atrasos na execução das atividades. Vazamentos são muitas das vezes sutis e de difícil detecção, e a baixa frequência de inspeções devida a uma estratégia ineficiente para a gestão dos pontos de vazamento, dificulta ainda mais a identificação e execução das atividades para minimizar o problema.

4.1.3. Geração de soluções

Para esta etapa, reuniões rotineiras foram realizadas com objetivo de estruturar de forma visível com atividades, responsáveis, prazos e status da atividade, garantido o avanço do projeto. A figura 4 mostra os Sprints do time *Scrum*.

Figura 4 - *Sprints* do time Scrum.

START WEEK	TASKS	TASK OWNER	PLANNED END DATE	REAL END DATE	STATUS
01 / 24	materiais necessários para o reparo das tubulações de CPVC		05/04/2024		ANDAMENTO
06 / 24	Compra de Materiais		12/02/2024		CONCLUÍDO
06 / 24	Validação dos pontos reparados		15/02/2024		CONCLUÍDO
08 / 24	Levantamento e fechamento dos pontos em aberto nas oficinas		01/03/2024		CONCLUÍDO
12 / 24	Levantamento dos materiais em estoque		30/05/2024		CONCLUÍDO
17 / 24	Fazer one page de mão obra de hora extra		02/05/2024		CONCLUÍDO
17 / 24	Recondicionamento da válvula de controle start stop		15/05/2024		CONCLUÍDO
19 / 24	Plano de Manutenção Limpeza e Lubrificação Válvulas		30/05/2024		CONCLUÍDO

Fonte: Dado cedido pela empresa (2024).

O time *Scrum* criou duas equipes, Inspeção e Execução responsáveis por detectar e corrigir as falhas, respectivamente:

Inspeção: Identificar os possíveis locais de vazamento, operar a câmara e criar uma gestão nova para alimentar uma base de dados com o local, e variáveis calculadas de cada ponto para planejamento e controle das atividades.

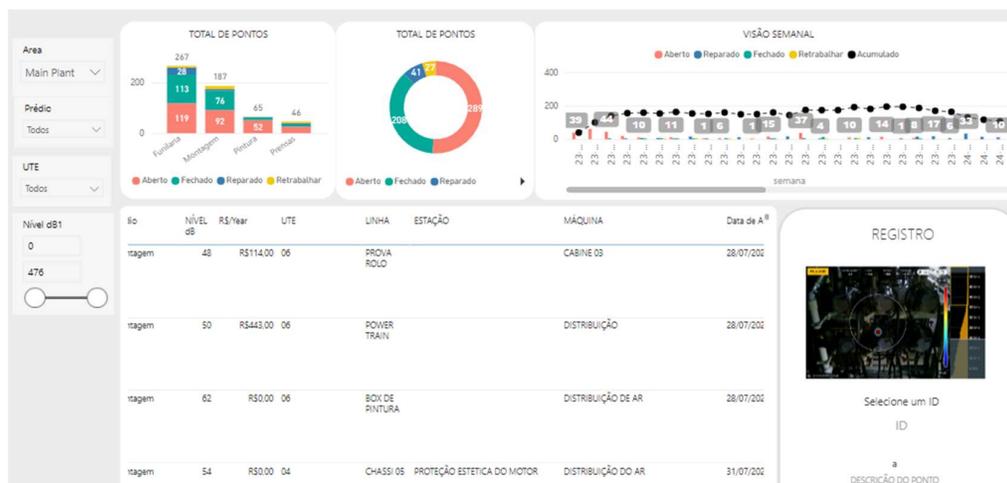
Execução: Listar todos os materiais que serão necessários e custo do serviço de mão de obra terceirizada, ou do próprio setor. Avaliação do risco da atividade para o controlador ou mecânico acessar a zona, da máquina.

4.1.4. Implementação das soluções

Com os materiais disponíveis, a programação foi realizada de forma a atacar os vazamentos mais críticos, priorizando de forma decrescente por nível de decibel. Uma das soluções implementadas é a válvula, responsável por identificar se a linha está produzindo ou não, em caso de paradas técnicas a válvula identifica que a linha não está operando e manda o sinal para o PLC cortar a alimentação de ar comprimido da máquina, minimizando o consumo do vetor em HNP.

A figura 5 mostra o *dashboard* em *Power BI* onde foi possível observar gráficos que indicam a quantidade de pontos abertos, fechados, reparados e a necessidade de retrabalho, o qual detalhou os vazamentos detectados, incluindo o nível de decibéis, custo estimado de perda, e status de resolução. Este painel foi fundamental para o gerenciamento e acompanhamento de manutenções na planta.

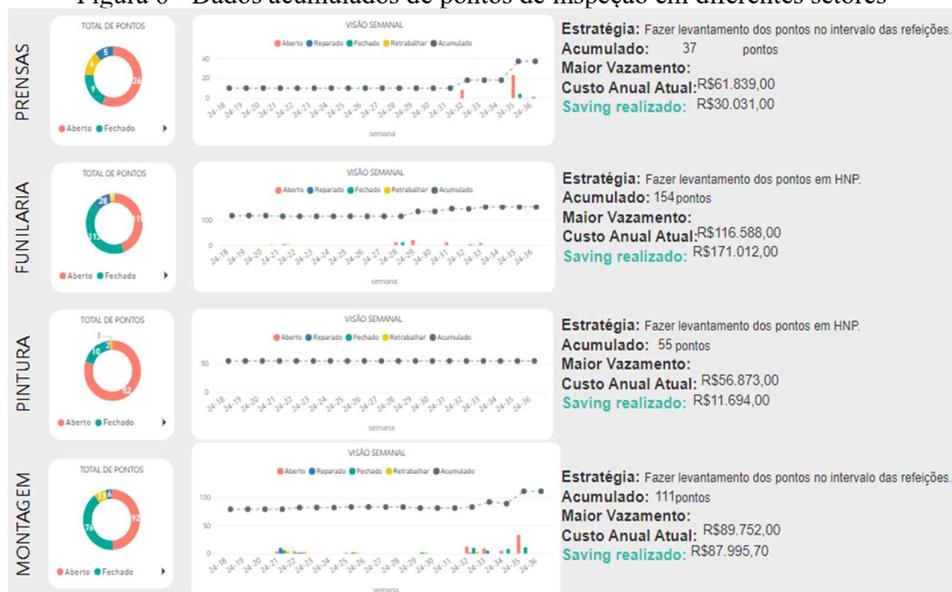
Figura 5 - Dashboard em Power Bi



Fonte: Dados cedidos pela empresa (2024).

A figura 6 apresenta dados acumulados de pontos de inspeção para diferentes setores, como Prensas, Funilaria, Pintura e Montagem. Cada gráfico apresenta uma "visão semanal" da evolução de pontos abertos, reparados e fechados ao longo do tempo. A estratégia descrita sugere levantar os pontos durante os intervalos de refeição, para maximizar a eficiência. A coluna de "custo anual atual" revela os custos associados a cada tipo de vazamento.

Figura 6 - Dados acumulados de pontos de inspeção em diferentes setores



Fonte: Dados cedidos pela empresa (2024).

O formulário foi integrado ao Power BI onde é atualizado a cada hora, acompanhando

os avanços das equipes e relatórios e encaminha para os times de execução de cada galpão com os principais pontos a serem fechados. Cada estação foi categorizada por números de identificação e níveis de decibéis (nível de ruído). Esse tipo de visualização é fundamental para o acompanhamento em tempo real dos níveis de eficiência e condição de diversos pontos de um sistema industrial, fornecendo insights críticos para a equipe de manutenção.

4.1.5. Avaliação de impacto das soluções implementadas

A nuvem de palavras representou as percepções coletivas dos funcionários sobre os problemas relacionados às máquinas que requerem atenção, e a menção frequente ao regulador de distribuição sugere que ele pode ser uma área chave para manutenção ou melhorias (Figura 7) e a mesa foi desenvolvida por meio do google forms, visando apresentar o feedback de 598 respondentes relacionados a categoria "Máquina". Ela apresenta uma nuvem de palavras onde os funcionários identificaram componentes ou problemas críticos, sendo o termo dominante "Regulador de Distribuição". Outros termos frequentemente mencionados incluem "Pressão", "Mangueira", "Tubulação" e "Injetora".

Além disso, a recorrência de termos como pressão e sistemas de tubulação reflete preocupações comuns que podem impactar diretamente a eficiência e segurança das operações. Esse tipo de feedback foi valioso para as equipes técnicas, pois possibilitou compreender componentes específicos que podem precisar de monitoramento ou substituição para evitar atrasos na produção ou riscos operacionais.

Figura 7 - Máquinas com mais respostas



Fonte: Dados cedidos pela empresa (2024).

Ao fazer a análise *Genjitsu* fica visível o motivo da falha tendo como as principais

apresentadas na figura 8: mangueira rompida, filtro, válvula, engate, problema no regulador de pressão, bloco de válvula, entre outros.

Figura 8 - Tipos de falhas mais frequentes



Fonte: Dados cedidos pela empresa (2024)

Cada estação foi categorizada por números de identificação e níveis de decibéis (nível de ruído). Logo, a partir dos resultados obteve-se informações detalhadas, incluindo possíveis problemas e ações de manutenção (como "multiplicador de pressão", "regulador de pressão", entre outros). Esse tipo de visualização foi fundamental para o acompanhamento em tempo real dos níveis de eficiência e condição de diversos pontos de um sistema industrial, fornecendo insights críticos para a equipe de manutenção (Figura 9).

Figura 9 - Estações com mais respostas



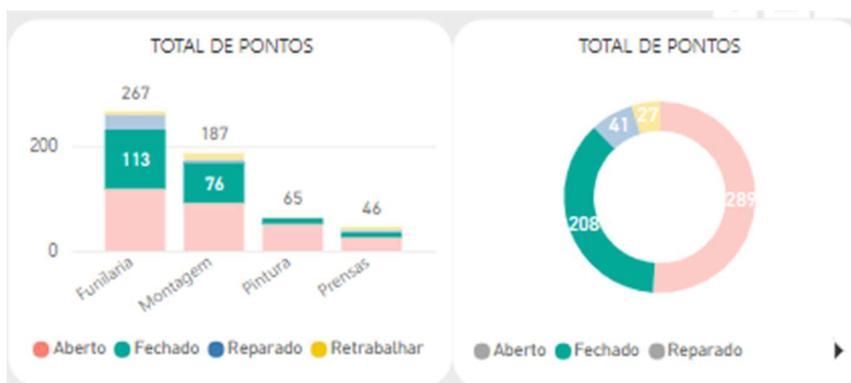
Fonte: Dados cedidos pela empresa (2024).

Os resultados revelam esforço significativo em melhorar a eficiência dos sistemas pneumáticos por meio da detecção precoce de vazamentos e falhas em componentes-chave. A figura 7 sugere um complexo sistema de monitoramento que garante a integridade do fluxo de ar comprimido na planta, o que é essencial para minimizar paradas não planejadas e perdas. A figura 8 demonstra um sucesso claro na redução de vazamentos, o que não só economiza

dinheiro, mas também aumenta a eficiência energética, considerando que vazamentos de ar comprimido são uma das maiores fontes de desperdício em ambientes industriais.

A figura 9 reflete a importância da análise de dados em tempo real, permitindo a priorização de ações de manutenção e monitoramento constante da saúde dos sistemas, o que minimiza o tempo de inatividade e promove a eficiência operacional. A utilização de plataformas como o *Power BI* sugere uma abordagem moderna e baseada em dados para a gestão de manutenção industrial. Quando o fechamento é corrigido, a equipe de execução responde no formulário que a manutenção foi executada e solicita a reinspeção. A equipe de inspeção vai com a câmera até o local e caso nenhuma não conformidade for evidenciada, uma nova foto é tirada e o formulário é atualizado como executado, o ponto é fechado e o *saving* anual recalculado. A figura 10 apresenta os gráficos mostrando que 208 pontos foram corrigidos nos galpões.

Figura 10 - Pontos fechados



Fonte: Dados cedidos pela empresa (2024)

Durante a fase de verificação, a empresa obteve um consumo de ar comprimido 15,8% menor que a performance comparada ao ano anterior, o que impactou no custo de transformação da empresa, possibilitando produzir quantidades similares de veículos reduzindo o custo e consumindo menos energia. O Gemba (5G) proporcionou a compreensão direta do processo em chão de fábrica, enquanto o MASP analisou as causas do problema. Outro ponto forte das abordagens combinadas é a melhoria contínua, com o uso de metodologias como KAIZEN e PDCA, que incentivaram a evolução constante dos processos. O SCRUM desempenhou um papel importante ao promover a colaboração entre equipes, facilitando a gestão do projeto por meio de uma divisão em fases menores e mais gerenciáveis. A gestão baseada em dados, garantida pelo DMAIC, assegurou que as decisões fossem com base em informações concretas, monitorando os impactos das mudanças.

5. CONCLUSÃO

O estudo sobre qualidade proporcionou um conhecimento aprofundado das ferramentas de melhoria contínua, fundamentais para aplicar o tema na prática em uma indústria moderna. Esses insights ajudaram a orientar e aprimorar as abordagens metodológicas voltadas ao problema específico de perda de ar comprimido na indústria automobilística. O objetivo principal dessa pesquisa foi identificar e implementar ações corretivas para reduzir ou eliminar os vazamentos de ar comprimido no sistema de distribuição na produção industrial, impactando diretamente na eficiência energética e no custo de transformação.

Para investigar as causas raízes do problema e propor soluções viáveis para otimizar o sistema, o MASP foi aplicado em conjunto com as ferramentas da qualidade mencionadas ao longo do trabalho, garantindo a obtenção de resultados satisfatórios. Como forma de apresentar melhor o vetor estudado, o ar comprimido, também foram explicadas as propriedades físicas do ar e o motivo dele ser tão importante na produção industrial.

A metodologia combinada, que envolveu o uso das ferramentas de qualidade tradicionais como PDCA, Diagrama de Ishikawa e a inspeção com câmera supersônica, provou-se eficaz para a identificação, análise e implementação de soluções, reduzindo perdas de ar comprimido e promovendo ganhos significativos na eficiência e redução de custos operacionais. Os resultados reforçam a importância do uso estratégico dessas ferramentas na manutenção e melhoria de processos, contribuindo para a sustentabilidade e competitividade da indústria.

Em trabalhos futuros, outras metodologias poderão ser exploradas, tais como as novas abordagens e ferramentas da Qualidade 4.0, que integram inteligência artificial e big data ao gerenciamento da qualidade. Além disso, novas tecnologias poderão ser estudadas na investigação de problemas de eficiência energética, permitindo identificar oportunidades de melhoria em diversos pontos críticos do processo industrial.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Lincoln Almeida de. **Utilização do lean manufacturing com enfoque no mapa de fluxo de valor em uma fabricação de sorvetes**. 2023. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2023.

CAUCHICK M., P. A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

POMPERMAYER J., W., LIMA, M. S., STOCO, L. (2020). Estratégias para a melhoria contínua: da gestão da qualidade total às ferramentas atuais. *Gestão & Produção*, 27(3), e5342.

SYDLE. Modelagem de Processos: tudo o que você precisa saber [+e-book]. Entenda o que é Modelagem de Processos e para que serve. Disponível em: <https://www.sydle.com/modelagem-de-processos-tudo-o-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 1 nov. 2024.

WERKEMA, M. C. C. **Six Sigma: Garantindo a Competitividade das Empresas na Era da Globalização**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2024.

YIN, R. K. **Case Study Research and Applications: Design and Methods**. 6. ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2018.

SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. *Guia do Scrum: O Guia Definitivo para o Scrum: As Regras do Jogo*. 2020.

APÊNDICE

O formulário para implementação das soluções foi organizado da seguinte forma:

- **Você quer:**
 - Criar novo ponto
 - Atualizar ponto existente
 - Solicitar inspeção
- **Em qual local você identificou vazamento? (ex.: Galpão, Linha, Máquina)**
(opção quando marca Solicitar inspeção)
- **ID do ponto:**
(opção quando marca Atualizar ponto existente)
- **Você é do time de:**
 - Inspeção
 - Execução
- **Opções do time de inspeção:**
 - Solicitar retrabalho
 - Encerrar
- **Opções do time de execução:**
 - Em andamento
 - Executado (solicitar reinspeção)
 - Reportar ponto incorreto
- **Justificativa (Por que o ponto não é vazamento?)**
(opção quando marca reportar ponto incorreto)
- **Há algum *Road Block*?**
 - Não
 - Pendente material
 - Pendente disponibilidade de mão de obra
 - Aguardando disponibilidade de máquina
 - Sem informação suficiente para localizar o ponto
- **Área:**
- **Prédio MP:**
- **Prédio SP:**
- **UTE:**

- **Linha:**
- **Estação:**
- **Máquina:**
- **Descrição do ponto:**
- **Coluna de referência:**
- **Nível dB:**
- **LeakQ™ Scale:**
- **Vazão (L/min):**
- **Nome da imagem**