

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

**Curso: Engenharia de Produção**

**Luan Enrique Placco Duro**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE PARA MELHORIA DE  
PRODUTO EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO AUTOMOTIVO: UM ESTUDO DE CASO**

**Três Lagoas, 2023**

**Luan Enrique Placco Duro**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE PARA MELHORIA DE  
PRODUTO EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO AUTOMOTIVO: UM ESTUDO DE CASO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como parte dos requisitos para cumprimento  
de requisitos obrigatórios não disciplinares, do  
curso Engenharia de Produção, da  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –  
UFMS.**

**Prof. Sandra Marchiori de Brito  
Orientador**

**Três Lagoas, 2023**

## RESUMO

As metodologias de gestão da qualidade e suas ferramentas são essenciais para que dentro de uma organização, as causas raízes de problemas sejam tratadas e propostas de melhorias sejam feitas. Este estudo foi aplicado a uma indústria do ramo automotivo, a qual possui sua produção voltada para fornecimento de sistemas de ar condicionado para veículos automotores, sendo essa fornecedora de diversas grandes montadoras no Brasil. O presente trabalho, trata-se de um estudo de um caso específico em que o produto produzia um nível de ruído acima do especificado pelo cliente. Os testes utilizados para mensurar os dados foram aplicados para dois modos de operação do aparelho e realizados com auxílio do laboratório da empresa, enquanto o nível exigido pelo cliente era de 59,7 Db para o modo 1 e 56,5 Db para o modo 2, os valores encontrados inicialmente foram respectivamente de 60,7 Db e 57,2 Db, ambos acima do especificado. As metodologias QRQC (Quick Response Quality Control) e PDCA (Plan, Do, Check e Act), com o auxílio da ferramenta 5W2H, foram aplicadas buscando estruturar e proporcionar um melhor entendimento do problema, para que sua análise fosse planejada e executada. Posteriormente as ferramentas 5 Porquês e FTA foram aplicadas buscando aprofundar a análise das possíveis causas do problema. Durante as análises, dois fatores foram identificados como possíveis causas raízes do problema, o material utilizado na espuma de vedação e a velocidade do fluxo na entrada de ar. Para solucionar o problema, foram propostas medidas como o uso de uma nova espuma de vedação de poliuretano, com alta capacidade de absorção de ruído, e a seleção de uma nova portinhola que mantenha uma velocidade média de fluxo de ar mais baixa. Por fim, após as propostas de melhorias, serão esperado os seguintes resultados 1, 58,9 Db e 54,7 Db para o modo 2, estando dentro das especificações definidas. Por fim, observa-se que a aplicação das ferramentas de gestão da qualidade foi altamente eficaz na investigação e proposta de resolução do problema, permitindo uma compreensão mais profunda das causas raízes e possibilitando a identificação e implementação de melhorias. Essas ferramentas são parte essencial das rotinas de gerenciamento da empresa e desempenham um papel fundamental na promoção da gestão da qualidade.

**Palavras-Chaves:** Gestão da qualidade; Melhoria contínua; Setor automotivo; Satisfação do cliente.

## ABSTRACT

The methodologies of quality management and their tools are essential for addressing the root causes of problems and proposing improvements within an organization. This study was applied to an automotive industry that focuses on supplying air conditioning systems for motor vehicles and serves as a supplier to several major automakers in Brazil. The present work is a case study in which the product produced a noise level higher than the customer's specification. The tests used to measure the data were conducted for two operating modes of the device with the assistance of the company's laboratory. While the customer's required level was 59.7 dB for mode 1 and 56.5 dB for mode 2, the initially found values were 60.7 dB and 57.2 dB, respectively, both above the specified range. The QRQC (Quick Response Quality Control) and PDCA (Plan, Do, Check, Act) methodologies, along with the 5W2H tool, were applied to structure and provide a better understanding of the problem, allowing for planned and executed analysis. Subsequently, the 5 Whys and FTA tools were applied to further analyze the possible causes of the problem. During the analyses, two factors were identified as possible root causes of the problem: the material used in the sealing foam and the airflow velocity at the air intake. To solve the problem, measures were proposed, such as using a new polyurethane sealing foam with high noise absorption capacity and selecting a new flap that maintains a lower average airflow velocity. Finally, after implementing these improvement proposals, the following results are expected: 58.9 dB and 54.7 dB for mode 1 and mode 2, respectively, falling within the defined specifications. In conclusion, it is observed that the application of quality management tools was highly effective in investigating and proposing a resolution to the problem, allowing for a deeper understanding of the root causes and enabling the identification and implementation of improvements. These tools are an essential part of the company's management routines and play a fundamental role in promoting quality management.

**Keywords:** Quality management; Continuous improvement; Automotive sector; Customer satisfaction.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, organizações consideradas líderes no mercado, podem ter sua sobrevivência ameaçada rapidamente devido às rápidas mudanças de mercado. Para Campos (2004), a qualidade se trata de uma questão de vida ou morte no mundo corporativo, uma vez que no mundo atual, uma companhia só consegue garantir sua sobrevivência com uma bem estruturada cultura de qualidade. Por esse motivo, empresas nacionais e internacionais buscam desenvolver ferramentas e sistemas administrativos fortes e ágeis, que garantam a qualidade de seus produtos e serviços.

A adaptação é um elemento essencial na gestão da qualidade, tanto para indivíduos quanto para organizações. Portanto a interpretação do conceito qualidade, suas técnicas e metodologias, devem ser adaptados de acordo com o tipo de produto e organização a qual está implementada a fim de atender seus processos, requisitos técnicos, serviços, *design* ou até o sistema de gestão utilizado pela organização. A Gestão da Qualidade se estende além da simples qualidade do produto, buscando excelência em todos processos e atividades organizacionais, com isso, a gestão passa a ser um elemento crucial para garantir que os requisitos cada vez mais exigentes do mercado possam ser atingidos (MARSHAL, 2012).

Com o sucesso das ferramentas japonesas de administração da qualidade, juntamente com o conceito de melhoria, as organizações buscam cada vez mais operar de maneira preventiva, prevendo e prevenindo eventuais problemas de qualidade que possam vir a ocorrer, visando atingir requisitos cada vez mais rigorosos. As ferramentas de gestão da qualidade se tratam de dispositivos, mecanismos de operações, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas e esquemas de funcionamento, cada um com suas próprias características de acordo com sua respectiva finalidade, sendo todos estes métodos estruturados que buscam promover e implementar melhorias para os processos produtivos e organizacionais (PALADINI, 2012).

Segundo Paladini (2012), autor nas áreas que envolvem gestão da qualidade, a aplicação correta de ferramentas e sistemas de gestão gera grande influência na redução de custos, eficiência da produção, satisfação do cliente e participação do mercado. As ferramentas de gestão da qualidade são utilizadas em larga escala no setor automotivo, buscando promover competitividade e garantir o desempenho de seus produtos. Essas são imprescindíveis no mercado automotivo, uma vez que a qualidade dos produtos afeta diretamente a segurança de seus clientes e sua reputação com os mesmos, devido a isso, se trata de um mercado extremamente rigoroso quanto a requisitos regulatórios e legais, como a

norma IATF 16949, a qual é exigida dentro deste mercado pelas montadoras de automóveis (CAMPOS, 2014).

Diante da importância da gestão da qualidade e suas ferramentas para a sobrevivência das empresas no setor automotivo, torna-se evidente a relevância desse tema dentro da comunidade acadêmica. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo identificar as causas de ruído acima do especificado em um sistema de ar condicionado produzido por uma indústria automotiva, por meio de um estudo de caso, visando controlar e aprimorar o referido produto. Para que se atinja esse objetivo, serão aplicadas ferramentas de gestão da qualidade, com foco na determinação das causas raízes do problema e na proposição de ações de melhorias adequadas. Serão aplicadas abordagens como PDCA e QRQC, bem como ferramentas como 5W2H, 5 porquês e FTA com o intuito de atender às especificações de ruídos estabelecidas, promovendo assim a satisfação do cliente e a excelência na qualidade.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 GESTÃO DA QUALIDADE**

Durante a Segunda Revolução Industrial, caracterizada pelo elevado nível de padronização e produção em massa, o trabalho foi organizado de uma nova forma, onde os operadores tinham conhecimento apenas sobre o processo o qual era responsável. Nesta época, devido ao alto volume de produção, o modelo fordista passou a utilizar peças intercambiáveis, adotando um sistema padronizado de peças, e investindo fortemente em áreas como metrologia, sistemas de medidas e especificações, esta foi a primeira fase da gestão da qualidade e ficou conhecida como era da inspeção. Nesta época o principal foco era o volume de produção, não dando a atenção devida às necessidades do cliente (PALADINI, 2012).

Já a segunda era da gestão da qualidade, após a Segunda Revolução Industrial, foi marcada pela implementação de métodos de controle estatístico, tornando os métodos de inspeção substituíveis pela amostragem com base estatística. Esse conceito começou a ser aplicado na década de 1920, nas indústrias *Bell Telephone Laboratories* (MONTGOMERY, 2016). Já a terceira era, foi marcada pela formação de departamentos de controle da qualidade, os quais tinham como principal finalidade, administrar a qualidade dos produtos fornecidos por uma determinada empresa, isso acontecia por meio da definição de padrões, avaliações de desempenho e por ações de melhoria, o que fez essa era ser conhecida como era de garantia da qualidade (MAINARDES et al., 2010).

Para Martinelli (2009), a quarta era da gestão da qualidade veio em 1950, quando Armand Feigenbaum desenvolveu o sistema de Controle da Qualidade Total (TQC), onde a qualidade passa a ser vista de maneira sistêmica, se tornando um trabalho de todos, incluindo também clientes e fornecedores, sendo todos esses envolvidos no processo de melhoria da qualidade, gestão da qualidade total se baseia no conceito de que para que a qualidade seja garantida, esta deve começar com o desenvolvimento do projeto de um produto e finalizar apenas com sua entrega ao cliente final. Após os anos 1970, a indústria automobilística japonesa, buscando desenvolver seu mercado de exportação, passou a levar em consideração a avaliação de grupos de clientes sobre seus produtos, o que fez a indústria passar a tomar como cruciais, pontos antes pouco considerados no desenvolvimento de produtos, a voz do cliente passa a ganhar cada vez mais importância (MARSHAL, 2012).

Qualidade pode ser visto como algo dinâmico e intrínseco, uma vez que este é aplicável em qualquer situação, sendo no âmbito organizacional ou pessoal. Sua dinamicidade se dá devido às cada vez maiores mudanças de mercado, forçando esta a se adaptar de acordo com o cenário o qual a empresa e seus produtos estão inseridos. Diante deste cenário de mudanças, para tratar a gestão da qualidade e suas ferramentas, adequação se encontra como um termo necessário (MARSHAL, 2012). Para Montgomery (2016), o alto nível de qualidade é visto com uma vantagem competitiva, ou seja, empresas que agradam os clientes por meio de controle da qualidade e melhorias em seus processos, tendem a ser favoritas entre seus competidores.

Para Carpinetti (2016), Qualidade se trata de um conceito extremamente difundido nos dias de hoje, porém, muitas vezes é aplicado de maneira errada, sendo relacionado apenas a atributos como desempenho e durabilidade de um produto, esta visão se estendeu principalmente até a década de 50. Com a publicação do trabalho de Juran, a qualidade passa a ser conceituada de acordo com a satisfação do cliente, o atendimento às necessidades do cliente define sua satisfação com o produto, se entende que para um cliente estar satisfeito, é necessário a falta de defeitos do produto e presença de atributos os quais o tornem adequado ao uso, logo um produto não deve ser retrabalhado e não deve apresentar falhas durante sua utilização (JURAN, 1998). Além destas visões do conceito de qualidade, no ambiente fabril, esta também pode estar relacionada às especificações de um produto, sendo esta avaliada de acordo com a conformidade de um bem com suas especificações. A tendência do mercado atual, utiliza a junção entre satisfação do cliente e especificações do produto, relacionadas a uma análise econômica do cliente, portanto um produto de qualidade passa a ser representado

por bom desempenho, com um preço o qual o cliente está disposto a pagar e por parte das empresas, apresenta conformidade com suas especificações (CARPINETTI, 2016).

## 2. 2 METODOLOGIAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

### 2.2.1 QRQC - Quick Response Quality Control

A metodologia QRQC, conhecida como *Quick Response Quality Control*, ou traduzindo, resposta rápida para controle da qualidade, é aplicada em grande escala no setor de qualidade, principalmente quando se trata do mercado automotivo. Esta é reconhecida principalmente por sua capacidade de resolução de problemas e simplicidade de aplicação, sendo composta por um conjunto de ferramentas de gestão da qualidade. A sua aplicação, necessita envolvimento de toda estrutura organizacional, desde fornecedores até clientes finais, para sua eficiência, se faz necessário a existência de equipes multifuncionais, envolvendo tanto o chão de fábrica quanto a gerência (ROCHA, 2012).

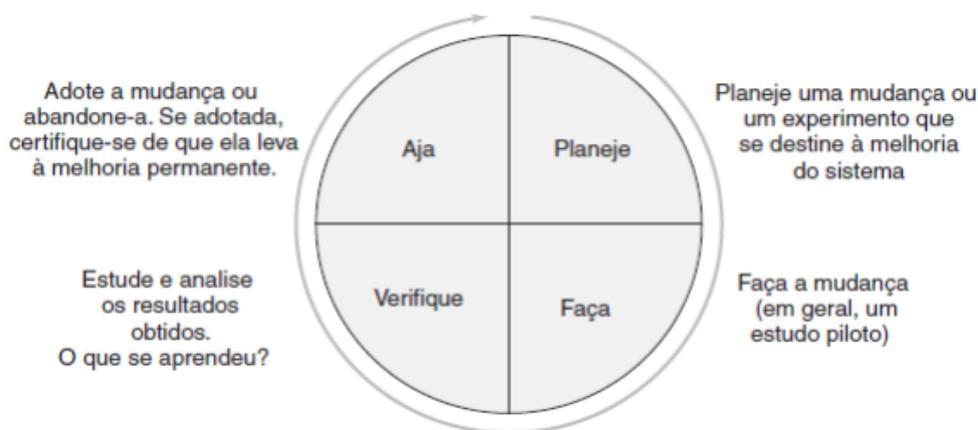
Essa metodologia é aplicada em conjunto com outras metodologias e ferramentas, as quais são aplicadas de maneira lógica e sequencial, buscando investigar problemas e definir ações de contenção. Como por exemplo, a PDCA (*Plan, Do, Check e Act*) desenvolvida por Deming, se trata de uma ferramenta entendida como uma cultura da organização, aplicável a qualquer tipo de processo (STADLER e SELEME, 2010). O QRQC (Quick Response Quality Control) possui uma estrutura própria baseada em quatro princípios básicos. O primeiro princípio é a detecção, onde o problema é identificado e tratado com ferramentas como o 5W2H. O segundo princípio é a comunicação, que envolve equipes multifuncionais e níveis hierárquicos diferentes, garantindo a proteção do cliente por meio de medidas de contenção do problema. A terceira etapa é a análise, em que a causa do problema é analisada usando ferramentas como FTA e 5 Porquês. Por fim, a etapa de verificação verifica a implementação das ações de contenção e melhoria, revisa os padrões da empresa, define novos métodos de trabalho e avalia a oportunidade de implementar melhorias em outras áreas da empresa, utilizando ferramentas como fichas de lições aprendidas (BALDON, 2013).

O QRQC é guiado por outro pilar essencial, a atitude San Gen Shugui, este está associado a três realidades: *Gen-ba*, o qual trata de observar o problema no local onde ocorreu, no momento em que ocorreu e com auxílio de quem detectou o problema; *Gen-Butso*, onde peças boas e ruins devem ser comparadas para avaliação do problema; por fim, *Gen-Jitsu*, onde deve ocorrer a descrição do problema, trabalhar com fatos e dados reais (VILLALBA et al., 2020).

### 2.2.2 Ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Act)

Buscando otimização e organização, Stewart propôs o método PDCA, exemplificado pela figura 1, o qual se baseia no ciclo de planejar, fazer, checar e agir, com enfoque na implementação de novas melhorias, porém, foi W. Edwards Deming, seu discípulo, quem mais se aprofundou no conceito da metodologia, este identificava o PDCA como um modelo que trazia o conceito de melhoria contínua de maneira adequada (PALADINI, 2012).

**Figura 1 - Ciclo PDCA**



Fonte: Montgomery 2016

A principal ideia deste modelo é diminuir a diferença entre as exigências do cliente e os requisitos do produto. O método PDCA busca a prática de controle por meio de quatro fases básicas, a primeira se trata da etapa de planejamento (P), aqui são estabelecidas as metas de acordo com os itens de controle e também se define o caminho para que estes sejam alcançados, etapa de execução (D), ocorre execução das tarefas determinadas e também a coleta de dados para verificação e validação, etapa de verificação (C), tomando como base os dados coletados, os resultados e as metas são comparados, por fim, etapa de atuação (A), aqui se busca realizar correções definitivas, identificando desvio e buscando evitar com que este problema ou outro similar venha a ocorrer novamente (CAMPOS, 2004).

As etapas do PDCA também podem ser divididas em sub etapas, como destacado por Stadler e Seleme (2010), o quadro 1, mostra cada etapa e suas respectivas sub etapas.

**Quadro 1 - Ciclo PDCA**

<b>PDCA</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Sub-etapa</b>
P - Plan	Definição de objetivos, assim como os meios para alcançá-los	1. Identificação do problema
		2. Observação
		3. Análise do problema
		4. Proposta de plano de ação
D - Do	Execução do plano de ação	5. Execução
C - Check	Verificar se os resultados obtidos estão de acordo com o os objetivos planejados	6. Verificação da eficácia da ação
A - Act	Registro da solução	7. Padronização 8. Conclusão

*Fonte: Adaptado de Stadler e Seleme 2010*

O método PDCA possui a capacidade de trazer diversos benefícios às empresas que o utilizam, principalmente quanto a tratando de questões relacionadas a produtividade e qualidade de seus produtos, a aplicação do método junto a outras ferramentas da qualidade, permite encontrar causas raízes de problemas e planejar planos de ações para que estas venham a ser tratadas e não ocorram novamente. O controle da qualidade se faz uma atividade essencial para que seja feita a redução de variabilidade, tornando os processos e produtos de uma empresa confiável (LONGARAY, 2017).

## 2.3 Ferramentas de Gestão da Qualidade

### 2.3.1 5W2H - Plano de Ação

Segundo Marshall (2012), a ferramenta 5W2H se trata de uma das principais aplicadas à elaboração de planos de ação, sua principal finalidade é gerenciar, com principal objetivo o estruturamento de ações, definindo responsáveis, atribuições, atividades, prazos, métodos e

objetivos. A sigla representa as iniciais de cada uma das palavras que formam a ferramenta, Why (Porque), Where (Onde), Who (Quem), When (Quando), What (O quê), How (Como) e How much (Quanto custa), exemplificados pela figura 2. No entanto, muitas empresas tem mais um item, how many (quantos), alterando a nomenclatura para 5W3H.

**Figura 2 - 5W2H**



Fonte: PIRES 2019

Esta ferramenta permite uma maior estruturação e divisão dos processos, as perguntas utilizadas permitem identificar falhas que possam vir a afetar o andamento do processo estudado, esta ferramenta não identifica causas, mas permite registro para que posteriormente análises mais detalhadas possam ser feitas, logo serve como base para outras ferramentas, estruturando o pensamento para que o problema venha a ser tratado. Para sua aplicação eficiente se faz necessário que quem a aplica, tenha total conhecimento a respeito do processo a ser avaliado (CAMPOS, 2014).

### **2.3.2 FTA - Factor Three Analysis**

A FTA também é conhecida e baseada na popular análise de causa e efeito, sendo esta considerada uma variação do diagrama de Ishikawa, sua principal aplicação é visando identificar causas potenciais e analisar fatores, busca que por meio de um pensamento estruturado e lógico se chegue a uma solução para determinado problema e evite sua recorrência (OLIVEIRA, 2014).

A aplicação do FTA se baseia em três princípios básicos, sendo estes, comparação entre dados da situação ruim e o padrão adotado pela empresa, influência de fatores com a origem do problema com base nos 4M (Mão de obra, máquina, material e método) e tomada de decisão com base nesta análise. Devido a esses fatores, se faz necessário um bom levantamento de possíveis fatores que influenciam o processo, logo é necessário domínio técnico sobre o produto e processo abordado, esses fatores devem ser selecionados de maneira neutra, sua influência ou não, não deve ser realizada antes de ser feita a comparação, na comparação são avaliados o padrão ou especificação adotada pela empresa e se este padrão está sendo cumprido, para fatores que têm relação com a raiz do problema, a ferramenta 5 porquês é aplicada para maior aprofundamento (BRITO et al., 2017).

### **2.3.3 5 Porquês**

Esta ferramenta teve seu principal crescimento durante o desenvolvimento do sistema Toyota de produção, ou melhor conhecido como *just in time*. O sistema se baseia na absoluta eliminação de desperdícios, os quais eram mais facilmente identificados com a aplicação da ferramenta, permitindo que as ações de correção tomadas pudessem ser realmente focadas na origem dos problemas (OHNO, 1997).

Segundo Ohno (1997), a ferramenta dos 5 porquês se trata de uma das ferramentas mais simples utilizadas na gestão da qualidade, ela se baseia em ao confrontar um problema, se perguntar o porquê de este estar acontecendo, até que se encontre a origem do problema, auxiliando a tratar causas raízes de problemas e não apenas os seus sintomas, evitando que um mesmo problema venha a ser recorrente, apesar de seu nome, a ferramenta não precisa ser aplicada até o último por quê, muitas vezes a causa raiz pode ser identificado antes da quinta etapa.

## **3. MÉTODO APLICADO**

O desenvolvimento deste trabalho, foi feito por meio de um estudo de caso, uma vez que a pesquisa irá estudar as causas raízes de um problema específico, segundo Prodanov e Freitas (2013), um estudo de caso ser caracterizado como um meio de pesquisa que visa estudar uma situação real, a descrevendo dentro do contexto em que está inserida e buscando investigar suas variáveis de causa. A pesquisa, segundo sua natureza, pode ser classificada como uma pesquisa aplicada, e quanto a sua abordagem, como uma pesquisa qualitativa, uma vez que segundo Kauark et al. (2010), um estudo que busca gerar conhecimentos pela aplicação prática, a fim de solucionar problemas específicos, é considerada uma pesquisa

aplicada, já quanto a sua abordagem, pesquisas que não utilizam técnicas de estatística e buscam interpretar fenômenos, onde a fonte de dados é o ambiente natural e o pesquisador se faz um elemento chave, analisando dados de maneira indutiva, podem ser classificadas como pesquisas qualitativas.

O presente estudo foi realizado em uma empresa fornecedora de produtos automotivos, em uma de suas unidades presentes no estado de São Paulo, a qual possui sua produção voltada para fornecimento de sistemas de ar condicionado para veículos automotores, sendo esta fornecedora de diversas grandes montadoras presentes no Brasil. Para evitar qualquer tipo de exposição da empresa, esta será tratada no estudo como empresa Beta e o produto estudado será referido apenas como produto Alfa.

Para melhor compreender o contexto, durante a etapa de desenvolvimento de um novo produto, o produto Alfa, foi identificado um problema de não atendimento ao nível acústico acordado com o cliente, ou seja, um dos requisitos, no caso o nível de ruído, foi identificado como fora das especificações em mais de um modo de operação do aparelho. Com isto, a equipe responsável pelo projeto, formada por três engenheiros, um gerente e o autor com a função de estagiário, o que facilitou a coleta de dados, uma vez que os dados utilizados permanecem disponíveis e acessíveis pelo sistema da empresa, foi acionada para resolução do problema com auxílio das ferramentas aplicadas pela empresa.

Este problema foi identificado durante um teste realizado para novos projetos, no qual os níveis de ruído produzido pelo aparelho são mensurados. Este é realizado dentro de uma cabine de isolamento acústico, com um berço utilizado para manter o produto suspenso, dutos para entrada de ar, e microfones de captação acústica, o qual é posicionado a 75 centímetros de distância da saída de ar do aparelho e 25 centímetros acima desta. O aparelho é ligado e testado em todos seus modos de operação, após isto, o teste é finalizado e os dados coletados pelos microfones medidos em decibéis (Db) com o auxílio de um software são registrados no sistema da empresa, onde estes ficam disponíveis para todos os funcionários.

Este caso foi escolhido com a finalidade de se comprovar a efetividade da aplicação de metodologias e ferramentas da gestão da qualidade na resolução de problemas, sendo aplicadas as metodologias PDCA e QRQC, e as ferramentas 5W2H, 5 Porquês e FTA. O principal objetivo foi a aplicação destas metodologias e ferramentas visando estruturar um problema específico, no caso um problema de ruído produzido pela peça, além de identificar suas causas raízes e propor melhorias, como ocorre interação do pesquisador e do problema, esta pesquisa foi classificada como de avaliação.

Portanto, na primeira etapa do estudo, foram aplicadas as metodologias QRQC e PDCA, com o auxílio da ferramenta 5W2H, buscando estrutura e proporcionando um melhor entendimento do problema, para que sua análise fosse planejada e executada. Posteriormente, as ferramentas 5 Porquês e FTA foram aplicadas buscando aprofundar a análise das possíveis causas do problema. Por fim, foram definidas propostas de melhoria, visando corrigir o problema e garantir que outras peças não venham a apresentar o mesmo tipo de falha.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

##### **4.1 QRQC - Detecção**

A indústria do setor automotivo em estudo, denominada empresa Beta, que fornece sistemas de ar condicionado para veículos automotores, identificou um problema no desenvolvimento do produto para um determinado cliente. O problema identificado estava relacionado ao nível de ruído produzido pelo aparelho, o qual estava fora do nível exigido pelo cliente. A detecção do problema aconteceu durante um dos testes realizados pela empresa, a fim de medir o nível de ruído do aparelho em todos seus modos de operação. Assim que o problema foi identificado, a equipe responsável pelo projeto foi acionada e imediatamente a metodologia QRQC juntamente com o PDCA foram aplicadas, buscando estruturar o problema e propor ações corretivas, ambas metodologias foram aplicadas em conjunto, assim como reforçado no item 2.2.1.

Durante a primeira etapa do QRQC ocorreu a estruturação do problema por meio da ferramenta 5W2H, a qual seguiu a estrutura explicada no item 2.3.1. O quadro 2 representa a ferramenta aplicada neste caso.

Quadro 2 - 5W2H

5W2H	
What (O quê?)	Peça protótipo com nível de ruído do produto alfa, acima do especificado para o produto
Who (Quem?)	O engenheiro de produto foi quem identificou o problema
When (Quando?)	26/12/2022
Where (Onde?)	Laboratório de testes da empresa
Why (Porque?)	Cliente não aceita o produto com nível de ruído especificado, entrega do projeto poderá ser adiada em caso de não atendimento
How (Como?)	O teste foi realizado em uma cabine de isolamento acústica, com auxílio de microfones de alta precisão. O microfone foi posicionado a 75 cm de distância da saída de ar do aparelho e 25 cm acima desta, para que o fluxo de ar não interferisse na medição
How much (Quanto?)	1 Peça protótipo - R\$ 320

*Fonte: Autoria Própria*

#### 4.2 QRQC - Comunicação

A ocorrência foi registrada na planilha de controle do QRQC da empresa, onde está aplicado o 5W2H, como visto no quadro 3. Foram comparadas a situação boa e ruim referente ao problema de ruído, assim como o registro de ações de contenção para este. Além disso, foi determinado também o líder da equipe para tratamento desta ação. O problema foi revisado diariamente durante as reuniões de QRQC da equipe, até que a melhoria fosse obtida. Para aplicação do QRQC, foram seguidas as etapas destacadas na seção 2.2.1.

Quadro 3 - QRQC Diário

Líder	Projeto	O quê	Porquê é um problema	Quando foi detectado	Quem detectou	Onde	Como foi detectado	Quantas partes
Engenheiro de Produto	Produto alfa	Peça protótipo com nível de ruído do produto alfa, acima do especificado para o produto	Entrega do projeto poderá ser adiada em caso de não solução do problema	26/12/23	Time de projetos	Reunião diária de QRQC da equipe	Durante testes de validação de <i>design</i> do produto	1 Protótipo

Fonte: Autoria Própria

Para definição da situação boa, foi utilizado o nível de ruído acordado e aceito pelo cliente para cada um dos modos de operação, já a situação ruim, os modos com nível acima do especificado, com isto, obtendo as seguintes situações (Figura 3).

Figura 3 - Situação Ruim x Situação Boa

Situação Ruim	Modo 1	60,7 Db
	Modo 2	57,2 Db
Situação Boa	Modo 1	59,7 Db
	Modo 2	56,5 Db

Fonte: Autoria Própria

Com isto, a equipe aplicou o ciclo PDCA para auxílio no tratamento do problema e realização de propostas de melhoria. Para a empresa Beta, o PDCA é aplicado e conduzido de acordo com as etapas presentes no quadro 1, destacada no item 2.2.2 do presente estudo.

### 4.3 PDCA - Análise e Verificação

#### *PLAN - Identificação do Problema*

Para estruturação do problema, foi tomado como base os dados registrados no QRQC. Logo a ocorrência foi registrada por meio do 5W2H e o problema foi visto como crítico para o desenvolvimento do projeto, uma vez que a demora em sua solução, poderia resultar no atraso em diversos prazos de entrega do projeto.

Para proteção do cliente e prevenção de que o problema se tornasse mais crítico, a validação de *design* do produto foi congelada até que este fosse resolvido, evitando assim, que este problema chegasse ao cliente. O principal objetivo deste PDCA, foi garantir que os requisitos do produto estejam de acordo com a situação boa, demonstrada anteriormente, a qual foi definida de acordo com negociações com o cliente final.

#### *PLAN - Observação*

Para futuro análise, também foram identificados projetos semelhantes dentro de outras unidades da empresa, os quais não apresentaram o mesmo problema. O produto apresentava nível de ruído acima do aceitável em dois modos de operação, os quais não apresentavam problema nas outras unidades, portanto a equipe comparou os dois projetos, para melhor compreender a diferença entre eles e identificar possíveis melhorias.

Para esta etapa foi determinante o conhecimento da equipe sobre questões técnicas do produto, foram identificados três principais fatores que podem afetar o problema: o primeiro seria os dutos utilizados para simular o sistema do veículo, o qual era diferente, sendo utilizado dutos de um projeto semelhante; o segundo, uma espuma de vedação aplicada na portinhola da entrada de ar do aparelho; a terceira, portinhola da entrada de ar com *design* diferente.

#### *PLAN - Análise do problema*

Para analisar o problema, com maior efetividade, foram aplicadas as ferramentas *Factor Tree Analysis* (FTA), abordada no item 2.3.2 e 5 Porquês, tratada na seção 2.3.3, as quais fazem parte da metodologia QRQC. Para isso os três fatores descritos anteriormente foram avaliados, os dutos de interface, espuma de vedação e a nova portinhola. Estes foram avaliados de acordo com o formulário padrão utilizado pela a empresa. Por tanto foram avaliados de acordo com o tipo de fator (4Ms), ponto de controle, valor padrão, valor do fator com a peça boa e a ruim. Com isto, cada um dos fatores é julgado, onde só foram

considerados com ligação ao problema, quando este pode ser simulado novamente com base no mesmo teste.

Cada fator é avaliado de acordo com sua ligação com o problema, para que um fator tenha ligação (*link*) com o problema, este deve ser possível de ser reproduzido ou simulado com a variação de um mesmo fator. Para que este *link* seja avaliado, são levados em consideração o status do padrão, ou seja, se aplicando o padrão, conseguimos ou não reproduzir o teste, e seu valor. Para os fatores com ligação, em seguida foi aplicada a ferramenta 5 Porquês para avaliação das possíveis causas raízes, já para os sem *link*, esta análise não será realizada, sendo que estes são considerados sem relação com o problema e suas possíveis causas raízes, esta avaliação foi realizada por meio da ferramenta FTA representada pelo quadro 4, em conjunto a ferramenta 5 Porquês (Quadro 5).

**Quadro 4** - FTA para os fatores definidos

4M	FATORES	PONTO DE CONTROLE		VALOR PADRÃO		VALOR DO FATOR NA PEÇA BOA	VALOR DO FATOR NA PEÇA RUIM	JULGAMENTO		
						Situação Boa	Situação Ruim	Padrão OK	Padrão Atingido	Link
MÉTODO	Dutos de interface	Quem ?	Laboratório	Qual o valor padrão?	Modo 1 - 59,7 Modo 2 - 56,5	Nova interface de duto	Interface de duto antiga	S	N	N
		O que ?	Aplicar interface de duto igual a do cliente							
		Quando ?	Teste de ruído							
		Onde ?	Cabine acustica							
MATERIAL	Nível de absorção da espuma de vedação	Como ?	Manual	Número do padrão?	NA	Espuma portinhola entrada de ar com material CALMFLEX F4 para alta absorção de ruído	Espuma portinhola entrada de ar com material PU com baixa absorção de ruído	S	S	S
		Quantas partes	1 peça							
		Quem ?	Laboratório							
		O que ?	Aplicar nova espuma							
MATERIAL	Velocidade do ar	Quando ?	Teste de ruído	Onde está o padrão?	Documento acordado entre cliente e a empresa	Nova portinhola Velocidade do ar media de 8,3 m/s	Portinhola antiga Velocidade do ar media de 9,1 m/s	S	S	S
		Onde ?	Cabine acustica							
		Como ?	Manual							
		Quantas partes	1 peça							

Fonte: Autoria Própria

Quadro 5 - 5 Porquês para fatores com ligação

Potencial Causa Raiz	5 Porquês				
	1º Porquê	2º Porquê	3º Porquê	4º Porquê	5º Porquê
<b>Espuma de poliuretano com baixa absorção de ruído</b>	Espuma não absorve suficientemente o ruído	Espuma com curva de absorção abaixo do necessário	Materia utilizado na construção da espuma, possui baixa capacidade de absorção.	Não foi previsto em etapas anteriores, que o material da espuma, poderia interferir no nível de ruído	
<b>Excesso na velocidade média de fluxo de ar</b>	Velocidade do fluxo de ar acima do esperado	Fluxo de ar concentrado na area frontal e lateral da portinhola	<i>Design</i> permite o fluxo de ar	Peça projetada para outro produto, com especificação diferente	

*Fonte: Autoria Própria*

Para as duas potenciais causas raízes, a origem do problema foi encontrada antes do 5º porquê, o que como dito no item 2.3.3 é bem frequente de acontecer. Após finalizar as análises pela FTA e 5 Porquês, pode-se concluir que dois dos fatores estudados possuem relação com o problema encontrado. Para a espuma de vedação, o material utilizado na construção da espuma não permite que esta venha a absorver de maneira adequada o ruído produzido pela peça, este fator ocorreu principalmente por não ter sido previsto no projeto que o material utilizado poderia vir a interferir no ruído da peça, já para a velocidade do fluxo de ar, foi utilizada uma portinhola proveniente de outro projeto, a qual não era capaz de atender as especificações do novo produto.

#### *PLAN - Proposta de plano de ação*

Por meio das análises realizadas, foi possível identificar dois principais fatores que afetam o nível de ruído da peça. Com a finalidade de solucionar o problema, foram tomadas ações para sua solução. A primeira ação de melhoria, foi a utilização de uma nova espuma de vedação, construída com o material poliuretano, a qual possui alta capacidade de absorção de ruído.

Sobre a velocidade de fluxo de ar, foi selecionada uma nova portinhola para auxiliar que a velocidade média se mantenha menor. Esta nova portinhola é aplicada em outro projeto

da empresa, onde o produto não apresenta problemas com produção de ruído na região da portinhola e conseqüentemente também menor velocidade do fluxo de ar (8,3 m/s), uma vez que a velocidade do fluxo de ar é influenciada pelo *design* da portinhola.

#### *DO - Execução*

As alterações feitas foram registradas e implementadas nas especificações do produto, para que futuramente o problema não volte a acontecer. Portanto, tanto a portinhola quanto o tipo de vedação foram alterados e registrados na lista de especificações do produto.

#### CHECK - Verificação da eficácia da ação

Para a etapa de “Check” do PDCA, os testes de nível de ruído foram realizados com a nova espuma de vedação e portinhola. O quadro 6 mostra os resultados obtidos com a aplicação de ambas as melhorias.

**Quadro 6** - Nível acústico com as melhorias

<b>Nível Acústico</b>	
<b>Modo 1</b>	58,9 Db
<b>Modo 2</b>	54,7 Db

*Fonte: Aatoria Própria*

Com a realização deste novo ciclo de testes, os resultados encontrados se mantiveram dentro do nível das especificações acordadas com o cliente. Portanto as melhorias satisfizeram o objetivo da equipe, que era diminuir o nível de ruído e o manter dentro dos parâmetros definidos. Nenhum ponto negativo foi observado durante as realizações dos testes, nenhum outro parâmetro sofreu qualquer tipo de alteração negativa. Portanto, a velocidade média do ar se manteve na média encontrada durante a análise de FTA e a curva de absorção da nova espuma foi capaz de auxiliar na redução do ruído.

#### ACTION - Conclusão

Devido ao resultado obtido com a aplicação das melhorias, os novos itens foram aplicados para este novo projeto. A equipe também definiu que os projetos com a espuma de vedação e a portinhola antiga seriam avaliados a fim de identificar se possuem problema semelhante.

## 5. CONCLUSÃO

O presente artigo investigou, por meio de um estudo de caso, o problema de não atendimento às especificações do produto em um sistema de ar condicionado, produzido por uma das unidades de uma indústria do setor automotivo localizada no estado de São Paulo. O problema se trata do nível ruído ao qual o produto produzia acima do especificado. O objetivo foi identificar as causas raízes do problema e propor melhorias de solução, demonstrando a efetividade da aplicação das metodologias e ferramentas da qualidade.

Foi possível, a partir de todas as análises feitas com auxílio das metodologias de gestão da qualidade QRQC e PDCA, além da aplicação de ferramentas como o 5W2H, FTA e 5 Porquês, identificar as duas principais causas do problema em questão, sendo elas o material utilizado da espuma de vedação e a velocidade do fluxo de ar. Como melhoria, o material da espuma foi trocado para outro com maior capacidade de absorção de ruído e para diminuição da velocidade, uma nova portinhola foi aplicada na entrada de ar do aparelho.

Destaca-se, que as metodologias QRQC e PDCA, com o auxílio da ferramenta 5W2H, se mostraram metodologias extremamente importantes para se trabalharem juntas, sendo cruciais para estruturação e planejamento das ações aplicadas no presente estudo de caso, facilitando a estruturação do problema para que se tornasse mais eficaz a identificação de suas causas raízes. Além disso, as ferramentas de gestão da qualidade, 5 Porquês e FTA, também se mostraram extremamente eficazes para investigação e tratamento do problema, visto que sua aplicação resultou em maior aprofundamento sobre as causas raízes, permitindo que estas fossem identificadas e propostas de melhorias fossem feitas.

Conclui-se, portanto, que o principal objetivo do presente estudo foi atingido, demonstrando a efetividade das metodologias e ferramentas de gestão da qualidade. Além disso, a principal relevância do estudo está em demonstrar a aplicabilidade dessas metodologias e ferramentas, as quais não se limitam apenas a processos de produção ou de desenvolvimento de produtos, sendo relevante para qualquer área ou tipo de processo. No contexto da empresa onde o estudo foi realizado, essas práticas fazem parte das rotinas de gerenciamento e se mostram de suma importância para promover a melhoria contínua e a satisfação do cliente.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, André Luis Santos. **GESTÃO DA QUALIDADE: IMPLANTAÇÃO DAS FERRAMENTAS 5S E 5W2H COMO PLANO DE AÇÃO NO SETOR DE OFICINA EM UMA EMPRESA DE AUTOMÓVEIS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB.** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2017.
- BALDON, Lucas Babugia. **Busca da excelência da qualidade total através da atividade QRQC (Quick Response Quality Control).** Conic-Semesp, Campinas, V. 1, 2013.
- BRITO, Hállisom Luniere; SILVA, Ocildeide Custódio; SOUZA, Maria das Graças; NOGUEIRA, Eduardo Ramon de Souza; PORTELA, Luis Ricardo Farias. **Uma Aplicação da Filosofia QRQC para Resolução de Problemas em uma Empresa do Polo Industrial de Manaus.** *Revista Espacios*, V.38 , N°6 , p. 9, 2017.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total (Estilo Japonês).** 8° Edição. Minas Gerais: Editora de Desenvolvimento Gerencial EDG, 2004.
- CAMPOS, Thais. **Métodos e Ferramentas da Qualidade Utilizados nas Empresas do ramo automotivo de Curitiba, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.** CEFET-PR - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - Curitiba (utfpr.edu.br). 2014.
- CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da Qualidade.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- FAESARELLA, Ivete S.; SACOMANO, José B.; CARPINETTI, Luiz C. R.. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Ferramentas.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2006.
- JURAN, J. M. Godfrey, A. Blanton. **Juran's quality control handbook.** 5° Edição. McGraw-Hill, 1998.
- KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernando Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique; **Metodologia de Pesquisa: Um Guia Prático.** Itabuna: Via Litterarum, 2010.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5° ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2003.
- LONGARAY, André Andrade et al. **Proposta de aplicação do ciclo PDCA para melhoria contínua do sistema de confinamento bovino: um estudo de caso.** *Sistemas & Gestão*, v. 12, n. 3, p. 353-61, 2017.
- MAINARDES, Emerson Wagner; LOURENÇO, Luis; TONTINI, Gerson; **Percepções dos Conceitos de Qualidade e Gestão pela Qualidade Total: estudo de caso na universidade.** Covilhã: *Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, 2010.
- MARSHALL, Isnard et. al. **Gestão da Qualidade e processos.** 1° Edição. Rio de Janeiro: FGV, 2012.
- MARTINELLI, Fernando Baracho. **Gestão da Qualidade Total.** Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2016.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Luiz Antonio Fernandes. OEE (OVERALL EQUIPAMENT EFFECTIVNESS) **Aplicado no suporte a decisão de aquisição de ativos de produção: um estudo de caso em uma indústria de autopeças**. UNNINOVE, São Paulo, 2014.

PALADINI, Edson Pacheco. et al. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012.

PIRES, Raphael. **Aprenda a usar a matriz 5W2H nos jobs e tarefas da sua agência!**. 2019. Disponível em: 5W2H: o que é esse método de definição de atividades e como usar (rockcontent.com)

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **METODOLOGIA DO TRABALHO CIENTÍFICO: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Rio Grande do Sul: Universidade Feevale, 2013.

ROCHA, Lais de Lima et al. **Gestão da Qualidade através da metodologia QRQC: Estudo de caso em uma empresa do setor automotivo**. Revista Qualidade Emergente, Paraná, V.3, n.1, p. 42 - 55, 2012.

STADLER, Humberto; SELEME, Robson. **Controle da Qualidade. As Ferramentas Essenciais**. 2ª ed. Curitiba: Editora EBIPEX Dialógica, 2010.

VILLALBA, Eduardo; SIMON, Alexandre Tadeu; CAMPOS, Renan Stenico. **Proposta de gerenciamento visual e metodologia de resolução de problemas qrqc aplicadas na logística: estudo de caso na indústria automotiva**. Engenharia de Produção: Tecnologia e Inovação no Setor Produtivo, São Paulo, p. 337 - 350, 2020.