

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE QUÍMICA – CÂMPUS DE ARARAQUARA

Júlia dos Santos Pavão

Problem Solving na indústria automotiva: um estudo de caso sobre a Metodologia 8D

Araraquara

2024

JÚLIA DOS SANTOS PAVÃO

Problem Solving na indústria automotiva: um estudo de caso sobre a Metodologia 8D

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Química.

Orientador(a): Elias de Souza Monteiro Filho

Araraquara

2024

P337p Pavão, Júlia dos Santos
Problem Solving na indústria automotiva : um estudo de caso sobre a metodologia 8D / Júlia dos Santos Pavão. -- Araraquara, 2024
43 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Química) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara
Orientador: Elias de Souza Monteiro Filho

1. Indústria. 2. Metodologia. 3. Qualidade. 4. Problem Solving. 5. Organizações. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

JÚLIA DOS SANTOS PAVÃO

Problem Solving na indústria automotiva: um estudo de caso sobre a Metodologia 8D

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Química.

Araraquara, 01 de julho de 2024.

Banca examinadora

Prof. Dr. Elias de Souza Monteiro Filho

Prof.^a Dra. Maria Angélica Martins Costa

Prof.^a Dra. Lorena Oliveira Pires

AGRADECIMENTOS

Deixo expresso aqui minha profunda gratidão a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão do meu curso de graduação e, especialmente, deste trabalho.

Agradeço sobretudo aos meus familiares, que se dedicaram junto comigo nessa etapa da minha vida. Aos meus pais, Antônio Valdemir Pavão e Juscelia Ferreira dos Santos Pavão, cujos sacrifícios permitiram que eu trilhasse esse caminho. Ao meu irmão Rafael dos Santos Pavão, por ser meu exemplo e por ter se dedicado tanto para que eu pudesse alcançar este momento. Ao meu irmão Paulo Cesar dos Santos, pois sem seu incentivo e suporte ao longo de todo o percurso, eu não teria sequer iniciado esta jornada.

Ao meu orientador e aos demais membros integrantes da banca examinadora que, além de aceitarem o convite para participar desta apresentação, foram fundamentais para o meu progresso como profissional ao longo do curso e para o aprimoramento do presente trabalho.

Expresso também minha gratidão à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP, campus Araraquara) e aos docentes do Instituto de Química, aos discentes, colegas e amigos, que marcaram minha história e contribuíram para que eu me tornasse não apenas uma boa profissional, mas também uma pessoa melhor.

RESUMO

A produção de alta qualidade e a manutenção da competitividade em um mercado em constante crescimento e transformação são requisitos fundamentais para as indústrias modernas. A busca contínua pela melhoria e qualidade dos produtos impulsiona a empresa a adotar estratégias que aumentem sua competitividade. Entre os principais fatores que contribuem para essa orientação destacam-se a abertura de mercados, as inovações tecnológicas, a crescente ênfase no capital humano e o aumento de demandas dos clientes. O presente trabalho resulta de um esforço para demonstrar as vantagens da aplicação da gestão da qualidade e da gestão por processos, especialmente por meio da utilização da Metodologia 8D, como importantes facilitadores para as empresas na incessante procura pela excelência e competitividade, visando a permanência no mercado. O objetivo que norteou o estudo foi descrever a aplicação da 8D para o tratamento de problemas. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, tendo como metodologia o levantamento bibliográfico qualificado sobre o tema. Como resultado, a análise confirma a eficácia da 8D, aliada as ferramentas da qualidade na detecção/resolução do problema (*Problem Solving*), eliminando sua recorrência.

Palavras-chave: Indústria; Metodologia; Qualidade; *Problem Solving*; Organizações.

ABSTRACT

High-quality production and maintaining competitiveness in a constantly evolving market are fundamental requirements for modern industries. The continuous pursuit of product improvement and quality drives companies to adopt strategies that enhance their competitiveness. Key factors contributing to this orientation include market openness, technological innovations, an increasing emphasis on human capital, and rising customer demands. This study aims to demonstrate the advantages of applying quality management and process management, particularly through the use of the 8D Methodology (8D-Method), as crucial facilitators for companies in their relentless pursuit of excellence and competitiveness, ensuring market sustainability. The primary objective of our study is to describe the application of the 8D-Method for resolving problems (Problem Solving Methodology or Problem Solving). This qualitative research employs a thorough literature review on the subject. The analysis confirms the effectiveness of the 8D-Method, combined with quality tools, in detecting and resolving problems, thereby eliminating their recurrence.

Keywords: Industry; Methodology; Quality; Problem-solving; Organizations.

LISTA DE SIGLAS

8D 8 Disciplinas

ISO International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normatização)

IATF International Automotive Task Force (Força-Tarefa Internacional do Automobilismo)

DIN Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemão de Normatização)

HBW Hardness Brinell (Dureza Briinell)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 GARANTIA DA QUALIDADE: DESEMPENHO DA ESTRUTURA E DO SISTEMA OPERACIONAL	13
2.2 GESTÃO DA QUALIDADE: CONTROLE E PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES E PROCESSOS	14
2.2.1 <i>A Metodologia 8D</i>	15
2.2.2 <i>Fundamentos da qualidade: técnicas de aplicação e principais vantagens</i>	16
2.2.3 <i>Controle de processos e a solução de problemas</i>	17
3 OBJETIVOS	19
4 PERSPECTIVA METODOLÓGICA	20
4.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	20
4.2 METODOLOGIA 8D	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO PESQUISADO	26
5.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 8D COMO PROBLEM SOLVING	27
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A integração de tempo, lucratividade e redução de custos tornou-se um objetivo primordial para diversos segmentos industriais. A produção de alta qualidade é essencial, não apenas como uma estratégia de diferenciação, mas também como uma condição de sobrevivência no mercado. A detecção de falhas no processo produtivo é crucial para garantir a excelência na qualidade das atividades, processos e produtos (Vargas, 2017).

O processo de adequação de empresas e indústrias às normas que regulamentam as atividades econômicas, incluindo negócios e cooperação internacional, fundamenta-se no conceito operacional de qualidade. Nesse contexto, a qualidade está intrínseca a toda cadeia produtiva, desde a concepção estratégica até a entrega do produto/serviço. Sob tal perspectiva, a qualidade é, portanto, uma exigência fundamental para a competitividade e conformidade regulatória (Berger *et al.*, 2012). Logo, a cadeia produtiva deve alinhar-se com normas e padrões rigorosos que garantam efetividade e segurança. Isso inclui a obtenção de certificados de qualidade, registros de conformidade, de requerimentos e autorizações regulatórias (Gonzales; Miguel, 1998, Vargas, 2017).

A credibilidade e a competitividade das empresas estão diretamente relacionadas à qualidade de seus produtos ou serviços. Isso requer a utilização de métodos apropriados para resolução das não conformidades. Dada a centralidade da qualidade no processo produtivo, especialistas têm se dedicado à criação e ao aperfeiçoamento de tecnologias. Contudo, muitas empresas enfrentam dificuldades para integrar tais ferramentas de gestão ao planejamento da qualidade, essenciais à otimização contínua do processo produtivo.

Quando o ambiente é marcado por intensa competitividade global, consumidores exigentes, mudanças tecnológicas e regulamentações criteriosas, as empresas são impulsionadas a atualizar constantemente o gerenciamento da qualidade (Campos, 2014). A premissa é que as empresas, valendo-se de metodologias sistematizadas, possam ofertar produtos e serviços de melhor qualidade (Costa; Mendes, 2018). Isso implica uma maior agilidade na solução de problemas e garante resultados mais efetivos (Sousa; Mota, 2022).

Em resposta às necessidades impostas ao novo ambiente, a *Ford Motor Company* (Ford) desenvolveu, no final década de 1980, a Metodologia 8D (ou solução em 8 disciplinas), lançada no manual “*Materials Management System Requirement (MS 9000)*”, para uso por membros e fornecedores na resolução de problemas a respeito da qualidade de processos – *Problem Solving* (Werkema, 1995; Gonzales; Miguel, 1998; Toledo *et al.*, 2017).

No ambiente globalizado, as empresas são orientadas a desenvolver e implementar práticas que agreguem valor aos produtos e serviços disponibilizados, visando aumentar sua competitividade (Gonçalves, 2000). Paralelamente, organizações que aderem aos sistemas de gestão certificados pela norma ISO 9001:2008, a qual especifica os requisitos para um sistema de gestão da qualidade¹, têm direcionado esforços para a satisfação do cliente/consumidor (Maekawa; Carvalho; Oliveira, 2013; Rodrigues, 2014).

É crucial destacar que a Metodologia 8D atua em diversas irregularidades da cadeia produtiva, independentemente da origem ou complexidade, permitindo a detecção e eliminação da causa raiz dos problemas. Diante desse cenário, o questionamento é orientado a compreender: Em que medida a Metodologia 8D se consolida como uma ferramenta eficiente para a gestão da qualidade no setor empresarial e industrial? Para responder a esse questionamento, o propósito que norteia o presente trabalho consiste em evidenciar o papel da Metodologia 8D como uma ferramenta estratégica efetiva para tratar problemas de qualidade nos processos produtivos.

A Metodologia 8D, método frequentemente adotado por especialistas em controle e gestão da qualidade, é utilizada para tratar problemas na cadeia produtiva. Composta por 8 etapas procedimentais, à medida que a 8D é operacionalizada conforme as diretrizes estabelecidas, torna-se possível mensurar sua eficiência no controle da qualidade de processos específicos. Essa metodologia pode ser orientada tanto para a redução de custos quanto para a maximização de resultados materiais, institucionais e/ou comportamentais.

A perspectiva adotada neste estudo permite mapear procedimentos, vantagens e as possíveis falhas na utilização da Metodologia 8D, abordando aspectos e conceitos fundamentais segundo a literatura especializada (Capote, 2011; Pradella; Furtado; Kipper, 2012), e ainda suas implicações na estrutura organizacional e na qualidade dos produtos.

A premissa é que a Metodologia 8D, por meio de análises técnicas e sistemáticas de não conformidade (Rodrigues, 2014; Nascimento, 2023), consolida-se como uma das principais ferramentas para promover melhorias na cadeia produtiva (Ishikawa, 1993; Werkema, 1995). A gestão por processos e de controle da qualidade, temas intrínsecos às atividades econômicas e à estrutura organizacional das empresas, desempenham um papel significativo no avanço da perspectiva analítica da 8D. Essa abordagem é difundida e aprimorada por especialistas em

¹ Desenvolvida pela *International Organization for Standardization (ISO)*, o conjunto de normas da família ISO 9000 auxilia as organizações a melhorar processos e garantir um padrão de qualidade consistente em seus produtos e serviços. A versão de 2015 trouxe uma série de mudanças e melhorias à ISO 9001:2008, incluindo o conceito de estrutura de alto nível (HLS), a análise baseada em riscos e o foco na visão sistêmica/contextual da organização (Hunt; Dominguez; Williams, 2016).

eletrônica, administração e engenharia, além de ser amplamente reconhecida por acadêmicos de diversas áreas² (Rodrigues, Afonso, 2020).

Através de um balanço da literatura especializada em gestão por processos e da qualidade, realizou-se uma análise qualitativa das obras consideradas neste trabalho, que convergem aos objetivos delineados na proposta de pesquisa. São textos caracterizados por: (1) estudos de caso com alto impacto no avanço do método ou (2) pesquisas cujos modelos analíticos apresentam elevada replicabilidade.

O processo de avaliação, acompanhado pela aplicação de um estudo de caso específico, não só corroborou com a hipótese defendida, mas também contribuiu para ampliar a compreensão das vantagens e pontuais limitações do uso da Metodologia 8D em diferentes segmentos empresariais, destacadas a *posteriori*.

Após a Introdução, a seção dois será responsável por fundamentar os paradigmas que circunscrevem a gestão por processos nos negócios e comércio contemporâneos. As raízes conceituais na concepção de gerenciamento da qualidade advêm, majoritariamente, das discussões sobre a atuação das organizações e da caracterização dos modelos de gestão – critérios e procedimentos – empregados para tratar os problemas de desempenho da cadeia de produção e sobre o controle da qualidade nas empresas.

Na seção três, foram apresentados os dados e os procedimentos metodológicos adotados na execução dessa pesquisa. Com a retomada das prerrogativas dos métodos desenvolvidos para solucionar os desafios da qualidade. O enfoque privilegia a visão sistemática empregada nas análises recentes, sobretudo a abordagem da Metodologia 8D.

Na quarta seção, a análise sobre a efetividade aferida na aplicação da 8D nos diversos segmentos industriais foi implementada, ressaltando as diferenças conforme os setores e as principais vantagens da 8D no controle da qualidade na estrutura organizacional.

Nas considerações finais foram retratados os principais achados à luz do que foi produzido até então – indicando os obstáculos inerentes à essa agenda de pesquisa – e sinalizamos algumas questões para novas abordagens/caminhos a serem desenvolvidos em direção à ampliação e consolidação da Metodologia 8D como ferramenta estratégica eficaz na gestão por processos e da qualidade na cadeia de produção.

² O emprego de uma análise sistêmica na cadeia produtiva garante um aprimoramento contínuo na estrutura organizacional. Nascimento (2023) ressalta que a Metodologia 8D, alinhada ao ciclo PDCA (*plando-check-act*), é responsável por gerenciar e envolver toda uma equipe para solucionar problemas, identificando causas de problemas e implementando soluções (Almeida, 2018).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O processo de adequação de empresas e indústrias às normas que regulamentam as atividades econômicas, incluindo negócios e a cooperação internacional, no contexto do comércio globalizado, fundamenta-se no conceito operacional de qualidade (Campos, 2014). Neste cenário, a qualidade está intrínseca a qualquer cadeia produtiva, desde a concepção estratégica até a entrega final de um produto ou serviço (Carpinetti, 2012; Albuquerque, 2015; Nascimento, 2023).

Sob essa perspectiva, a qualidade não é apenas uma meta desejável, mas uma exigência fundamental para a competitividade e a conformidade regulatória do mercado (Berger *et al.*, 2012). A cadeia produtiva deve estar alinhada com normas e padrões rigorosos que garantam excelência e segurança aos processos (Ferreira, 2013). Isso inclui a obtenção de certificados de qualidade, registros de conformidade, requerimentos para mercados específicos e autorizações regulatórias (Gonzales; Miguel, 1998; Cruz, 2014).

2.1 Garantia da qualidade: desempenho da estrutura e do sistema operacional

A constante modificação do mercado está compelindo as empresas a adotarem os princípios da gestão por processos e de controle da qualidade. Nesse contexto, a busca pela integração entre tempo, lucratividade e redução de custos é essencial para garantir a competitividade em diversos segmentos industriais (Oliveira, 2020). Como argumenta Prasad (1997), a qualidade dos produtos ou serviços não é apenas uma estratégia de diferenciação, mas uma condição *sine qua non* para a sobrevivência e continuidade.

À medida que as empresas são concebidas como um organismo complexo, todos os elementos da cadeia produtiva devem alcançar elevados padrões de qualidade, conforme regimentado pelo arcabouço legal e pelos acordos de cooperação em vigor (ASQ, 1950). Turban e King (2004) destacam (i) a abertura de mercados, (ii) as inovações tecnológicas, (iii) o foco na gestão de pessoas e (iv) a crescente exigência dos consumidores como os principais catalisadores dessa busca sistemática por qualidade.

O novo contexto de comércio (...) tem exigido das empresas estratégias que levem a uma maior eficácia, flexibilidade e respostas mais rápidas. Posicionamento que afeta diretamente as estruturas das organizações, as quais precisam se adaptar continuamente às novas exigências. As estruturas

horizontais têm sido a resposta. (...) buscam a integração do corpo funcional, possibilitando maior agilidade, disseminando poder e responsabilidade nos diversos níveis, com o objetivo de fazer de cada colaborador um integrante ativo do negócio (Rodrigues, 2014, p. 47).

Nesse cenário, o controle da qualidade emerge como uma prática corporativa que permeia toda a estrutura organizacional. Paralelamente, os procedimentos empregados para a gestão da qualidade são cada vez mais embasados em metodologias que destacam o gerenciamento eficiente das atividades operacionais (Ostrenga, 1993).

A perspectiva (visão) processual prioriza a otimização do trabalho, as etapas de cada linha de produção e a ênfase na especialização funcional. Segundo Santos, Schuster e Pradella (2013), a aplicação conjunta da gestão por processos e da qualidade total emerge como uma ferramenta estratégica para alcançar objetivos e manter a relevância da empresa no mercado.

Em síntese, a produção com qualidade e a busca pela excelência operacional são imperativos para os negócios modernos, especialmente em um cenário de competição acirrada e demandas em constante evolução por parte dos clientes (Vargas, 2017). A competitividade dos produtos e serviços, juntamente com a maximização dos resultados, estão intrinsecamente ligadas à qualidade do desempenho organizacional, sendo a avaliação do processo operacionalizada através de indicadores de desempenho.

2.2 Gestão da qualidade: controle e planejamento das atividades e processos

A responsabilidade pelo domínio e gestão desses processos de qualidade recai sobre gestores, analistas, engenheiros e especialistas dentro das organizações. Esses profissionais devem possuir uma qualificação elevada, continuamente atualizada, a fim de lidar com requisitos regulamentares complexos e garantir que as práticas operacionais atendam aos mais altos padrões de qualidade (Vargas, 2017).

A atuação especializada desses profissionais é fundamental para a implementação de sistemas eficazes de gestão da qualidade, que incluem a identificação e resolução sistemática de falhas. Entre as soluções desenvolvidas, a Metodologia 8D (*Eight Disciplines of Problem Solving*) é amplamente reconhecida e aplicada em diversos setores indústrias para resolver problemas complexos de qualidade e em processos (Besterfield, 1998; Behrens *et al.*, 2007).

Portanto, é crucial que a organização e seus colaboradores entendam a importância da gestão por processos, especialmente os procedimentos necessários para sua eficaz

administração (Harrington, 1993). Nessa perspectiva, Capote (2011, 2016) argumenta que a modelagem por processos abrange o conjunto de atividades essenciais para a gestão de processos em execução ou que ainda estão em planejamento.

Uma característica bastante marcante sobre a modelagem de processos de negócio, conforme a própria definição do tipo de processo denota, é que este tipo de modelagem deve contemplar e cobrir o processo de ponta a ponta. Esta abrangência da modelagem é prevista para todos os tipos de processos – processos primários, de suporte ou de gestão (Capote, 2016, p. 123).

2.2.1 A Metodologia 8D

Na consolidação do modelo, tanto analistas qualificados quanto especialistas de renome contribuíram significativamente para o entendimento e a implementação eficaz da metodologia. A *Ford Motor Company* (Ford, 1954) é creditada pela criação da Metodologia 8D na década de 1980. O manual da Ford, "*Team Oriented Problem Solving*", é um dos primeiros documentos a detalhar os procedimentos na aplicação da 8D, fornecendo um guia prático para a resolução de problemas em equipe.

Na obra intitulada "*Juran's Quality Handbook*", Joseph M. Juran e Albert B. Godfrey frisam a importância de metodologias estruturadas para a *Problem Solving*. Entre as evidências, a Metodologia 8D é reconhecida como uma prática eficaz para a melhoria da qualidade (Juran; Godfrey, 1998). Na mesma direção, ao abordar os métodos recorrentemente empregados no contexto de controle da qualidade e melhoria contínua, o livro "*Quality Control*" de Dale H. Besterfield destaca a 8D como uma ferramenta crucial para a gestão da qualidade em organizações (Besterfield, 1998).

Kaoru Ishikawa, embora reconhecido por seus próprios métodos de controle de qualidade³, também exerce importante contribuição na abordagem sistemática da Metodologia 8D. Seus princípios de qualidade total e foco na análise de causas raízes fornecem uma base teórica sólida e contribuem para a identificação e resolução de problemas – caracterizada na etapa D4 da 8D. O recente trabalho de Pande, Neuman e Cavanagh (2000), "*The Six Sigma Way*", contribui ao argumento de Ishikawa (1993) e Juran e Godfrey (1998). Os autores destacam a integração da 8D com outras metodologias de qualidade, como o Six Sigma,

³ Desenvolvido a partir da perspectiva do controle da qualidade total (Ishikawa, 1993), o "Diagrama de Ishikawa" ou "Diagrama de Causa e Efeito", é uma ferramenta que permite identificar a causa/origem de um problema, através de uma análise da cadeia de fatores na execução de determinado processo.

ilustrando como a Metodologia 8D pode ser uma parte crítica de um programa abrangente de melhoria de qualidade.

A premissa é que a Metodologia 8D, por meio de análises técnicas e sistemáticas de não conformidade (Rodrigues, 2014; Nascimento, 2023), consolida-se como uma das principais ferramentas para promover melhorias na cadeia produtiva (Ishikawa, 1993; Werkema, 1995). Portanto, a abordagem deste trabalho permite mapear os procedimentos, contribuições e as possíveis falhas na aplicação da Metodologia 8D⁴.

De fato, a gestão de processos e o controle da qualidade, temas intrínsecos às atividades econômicas e à estrutura organizacional das empresas, desempenham um papel significativo no avanço da perspectiva analítica da 8D. Dito isto, a abordagem é difundida à medida que seu aprimoramento contínuo é implementado por especialistas de diversas áreas, como eletrônica, administração e engenharia. Ademais, a Metodologia 8D passa a ser amplamente reconhecida por acadêmicos de diversas disciplinas⁵ (Rodrigues, Afonso, 2020).

2.2.2 Fundamentos da qualidade: técnicas de aplicação e principais vantagens

A principal contribuição da Metodologia 8D é o desenvolvimento de técnicas e procedimentos analíticos a partir da perspectiva sistêmica e estruturada para a resolução de problemas na cadeia produtiva (ASQ, 1950; ISO 9000, 2005). Autores como Besterfield, Juran e seus colaboradores enfatizam a necessidade de seguir uma série de passos disciplinados para garantir que (i) os aspectos do problema sejam integralmente considerados, (ii) a solução proposta seja aplicável e eficaz e (iii) o resultado obtido seja sustentável.

Outro elemento fundamental abordado na 8D consiste na análise dos fatores que originam um problema. A causa raiz é um componente essencial da metodologia, e os especialistas fornecem ferramentas e técnicas para realizar essa análise de forma eficaz. Os diagramas de causa e efeito, propostos por Ishikawa na década de 1960, são fundamentais para a etapa D4 (Análise da Causa Raiz) da Metodologia 8D.

⁴ Nossa perspectiva aborda aspectos e conceitos considerados fundamentais segundo a literatura especializada (Pradella; Furtado; Kipper, 2012), e ainda suas implicações aos processos e na qualidade de produtos e serviços.

⁵ O emprego de uma análise sistêmica na cadeia produtiva garante um aprimoramento contínuo na estrutura organizacional. Capote (2011) e Nascimento (2023) ressaltam que a Metodologia 8D, alinhada ao ciclo PDCA (*plando-check-act*), é responsável por gerenciar e envolver toda uma equipe para solucionar problemas, identificando causas de problemas e implementando soluções (Almeida, 2018).

O diagrama de Ishikawa simplifica processos considerados complexos dividindo-os em processos mais simples e, portanto, mais controláveis (Goestch, 2015). Esta ferramenta é um método bastante efetivo na busca das raízes do problema (Slack, 2009). Para Werkema (1995) o diagrama de causa e efeito se configura como sendo uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo, que no caso referia-se ao efeito e os fatores que possam ter modificado o resultado do processo considerado.

Ademais, a integração da Metodologia 8D com outras práticas de qualidade, como destaca Pande, Neuman e Cavanagh (2000), permite uma abordagem mais holística para a melhoria de processos, combinando a *Problem Solving Methodology* (8D) com a análise estatística e a metodologia *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* do **Six Sigma**.

Destarte, o pressuposto é que todo problema tem causas específicas, e essas causas devem ser analisadas e testadas, uma a uma, a fim de comprovar qual delas está realmente causando o efeito (problema) que se quer eliminar. Isto é, “eliminadas as causas, elimina-se o problema” (Costa; Mendes, 2018, p. 5), fato que garante o controle do processo.

2.2.3 Controle de processos e a solução de problemas

Em relação ao controle de processos, outra área destacada por especialistas, para que haja a aplicação efetiva da metodologia, é a ênfase na documentação e no aprendizado contínuo. A metodologia 8D não apenas resolve problemas, mas também garante que o conhecimento adquirido durante o processo seja documentado e utilizado para prevenir problemas futuros (Besterfield, 1998; Vargas, 2017). Logo, as práticas de treinamento e de capacitação contínua da equipe são fundamentais para o sucesso da 8D e a manutenção do controle sobre as atividades que aferem qualidade à cadeia de processos.

Em suma, desde suas raízes na *Ford Motor Company* (Ford, 1954), a Metodologia 8D tem sido desenvolvida através de contribuições diversas de especialistas, ora como ator – aplicação das técnicas já estabelecidas na solução de um problema – ora como agente – em que erros/falhas do processo de implementação são constatados e resolvidos. Como efeito, a 8D passa a ser reconhecida como uma ferramenta poderosa para a resolução de problemas e melhoria contínua dos sistemas organizacionais.

Nesse contexto, as obras ressaltadas *a priori* oferecem valiosos *insights* sobre a integração da 8D com outras metodologias de qualidade. Evidenciando a importância da análise da causa raiz e a necessidade de uma abordagem sistemática e documentada para a *Problem*

Solving. Dito isto, a utilização da Metodologia 8D continua a ser uma prática essencial para indústrias/empresas que, diante das exigências da economia aberta e internacionalizada, devem buscar (i) a excelência operacional, (ii) a máxima qualidade do produto/serviço disponibilizado e (iii) a competitividade no mercado global.

3 OBJETIVOS

O presente trabalho possui o como objetivo examinar a eficácia da aplicação da Metodologia 8D na indústria automotiva. Além de elucidar os resultados e melhorias obtidos em produtos e serviços, visa evidenciar que a atuação profissional, especialmente do engenheiro responsável, transcende as atividades e processos formais, incluindo sua participação mais dinâmica como no *Problem Solving* descrito.

4 PERSPECTIVA METODOLÓGICA

A fim de se alcançar o objetivo proposto, foi inicialmente realizado um levantamento bibliográfico⁶ abrangendo estudos, guias e manuais que caracterizam os modelos comumente aplicados na gestão de processos produtivos. Posteriormente, conduziu-se um estudo de caso sobre um problema de qualidade detectado em um fornecedor da “Multinacional X”⁷, o qual fornece peças de ferro fundido à organização.

Em relação ao primeiro enfoque, a operacionalização de uma análise qualitativa do material coletado, orientada por resultados efetivos e/ou melhorias, evidenciou o efeito dual do gerenciamento por processos na qualidade total: atuando ora como um agente eficaz na resolução de não conformidades, ora como uma ferramenta central para o aprimoramento de técnicas, procedimentos e metodologias.

Segundo Yin (2001), um estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo inerente ao contexto da vida real. A instrumentalização de técnicas que envolvem o estudo de caso foi motivada pela natureza do processo em questão. Destarte, a escolha se deu por ser um processo que está em transcurso de melhoria, tornando-se assim um exemplo pertinente referente à matéria-prima do ferro fundido. Além disso, buscou-se um entendimento aprofundado do caso analisado, como parte do processo de aprendizado para o profissional de Engenharia Química.

4.1 Procedimento metodológico

De modo geral, o estudo de caso é uma abordagem metodológica fundamentada em pesquisas reconhecidas por suas análises intensivas e sistemáticas de fenômenos reais (Berg, 2001). O modelo, que agrupa técnicas e procedimentos variados, utiliza principalmente a combinação de causas e conceitos operacionais para a validação ou teste de hipóteses (Goertz; Mahoney, 2012), sendo adequado para a investigação detalhada de casos específicos.

⁶ O material coletado foi submetido ao processo de revisão integrativa da literatura, método que permite a integração de dados teóricos e empíricos sobre um fenômeno/tema específico (Booth, 2016). Essa técnica permite identificar os estudos mais influentes no debate, ou seja, os mais citados ou cujas propostas metodológicas são frequentemente adotadas em estudos posteriores (Sousa *et al.*, 2015; Gregorio, 2024).

⁷ O nome da empresa utilizado neste estudo é fictício, conforme requerido pelos acordos de confidencialidade e as diretrizes éticas da pesquisa, que impedem a divulgação do nome real da organização participante.

Booth (2016) caracteriza três tipos principais de estudos de caso: o intrínseco, que permite a avaliação de um caso particular ou desviante; o instrumental, utilizado para refinar uma explicação ou pressuposto teórico (*support role*); e o coletivo, que permite teorizar um contexto mais amplo por meio da análise de um conjunto de estudos sobre o tema. Nessa direção, Beach e Pedersen (2016) argumentam que a prática de combinar fenômenos – por semelhança ou por diferença – gera uma corrente causal, a qual é o mecanismo central para dimensionar o grau de influência dos fatores no objeto investigado.

Em consonância com os estudos e respectivos pressupostos destacados⁸ *a priori*, Miguel (2007) elucida as etapas necessárias para a construção de um estudo de caso, os quais foram devidamente aplicados no presente trabalho.

Quadro 1 – Plano de atividades e ações desenvolvidas na pesquisa

Abordagem	Etapas	Ações
Estrutura conceitual e teórica	Mapear literatura	Pesquisa em artigos e livros nacionais e internacionais.
	Delinear proposições	Melhorias no processo de fundição, resolvendo o problema detectado com a Metodologia 8D.
	Delimitar fronteiras	O estudo se aplica a produção de uma peça, produzida na planta principal do fornecedor da “Multinacional X”, com aplicação do veículo “Tipo 1”*.
Planejar o caso	Selecionar unidade de análise	Fornecedor de carcaças de ferro fundido nodular, destinadas à produção de direções de veículos “Tipo 1”.
	Meio para coleta de dados	Análise documental e observação direta <i>in loco</i> .
	Definir os meios de controle da pesquisa	Contexto estabelecido local (local, unidade de análise e fonte de informação), como método de controle o sucesso da implementação das ações.
Coletar os dados	Consulta aos documentos	Coleta dos documentos oficiais da aplicação das 8 disciplinas.
	Observação <i>in loco</i>	Validação e observação da aplicação das ações de contenção e corretivas <i>in loco</i> .
Analisar os dados	Produzir uma narrativa	Construída a partir dos artigos e livros de embasamento teórico e experiência dos membros da empresa.
	Reduzir os dados	Gráficos categorizados e claros acerca do problema.
	Construir um painel	Visualização clara dos dados obtidos.
Gerar relatório	Implicações teóricas	Contribuição com a aplicação da Metodologia 8D.
	Estrutura para replicação	Apresenta uma estrutura para replicação.

Legenda: *O modelo observado neste estudo é fictício, conforme requerido pelos acordos de confidencialidade e as diretrizes éticas da pesquisa, que impedem a divulgação do nome real do participante.

⁸ Berg (2001) desenvolve um modelo representativo para análises de estudo de caso, estruturado a partir do processo de sistematização dos cinco elementos de Yin. Esse modelo é caracterizado pelas seguintes etapas: (1) escolha da questão de estudo; (2) definição da proposição do estudo; (3) identificação da unidade de análise; (4) construção de uma relação lógica entre dados e proposições; e (5) definição de critérios para interpretar resultados.

Fonte: Elaboração própria a partir de Miguel (2007).

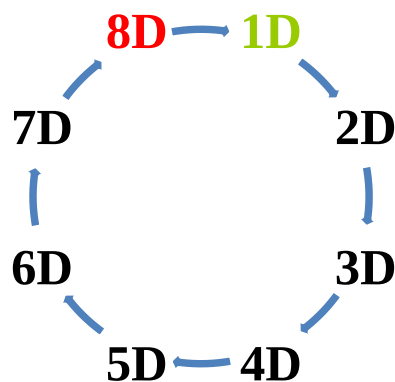
Com isso, é possível ser feita uma construção de um estudo baseado em fatos e dados, validadas *in loco* para a conclusão da pesquisa.

4.2 Metodologia 8D

A Metodologia 8D (8 disciplinas para solução de problemas) tem suas raízes históricas no *standard* de qualidade “*Corrective Action and Disposition System for Nonconforming Material, MIL-STD*”, manual emitido pelo exército dos EUA em 1520 (Behrens *et al.*, 2007). Posteriormente retomada, a ferramenta foi aprimorada pela *Ford Motors Company* (Ford), que aproximou a metodologia ao mundo industrial.

A Metodologia 8D tem como principal objetivo facilitar a resolução de problemas complexos na indústria e auxiliar na construção de soluções robustas que previnam a reincidência dos problemas (Riesenberger; Sousa, 2010), bem como reduzir os custos de produção e fomentar uma melhoria da qualidade total (Behrens *et al.*, 2007).

Conforme elucidado por Bassan (2022), as 8 disciplinas consistem em ações que identificam, verificam, segregam, contêm, analisam, resolvem e garantem que o problema tratado não ocorra novamente. As etapas da metodologia são detalhadas da seguinte forma:



Passos da Metodologia 8D

➤ 1D - Definição da equipe

A primeira etapa envolve a formação de uma equipe de trabalho capacitada e voltada à resolução do problema em questão. É essencial que a equipe seja multidisciplinar, a fim de

garantir que a solução abranja todos os âmbitos organizacionais, desde a engenharia até a gestão de qualidade das operações e processos.

➤ *2D - Definição do problema*

Descrever o tema (problema) de maneira mensurável, clara e objetiva é o principal passo desta etapa da metodologia. Este procedimento garante que a equipe compreenda plenamente a problemática, orientando suas ações para resolver especificamente o que precisa ser solucionado. A clareza na definição do problema influencia diretamente o sucesso das etapas subsequentes.

➤ *3D - Ação de contenção*

A terceira etapa envolve a implementação de ações de contenção para proteger o cliente da não conformidade identificada. Visto que a solução para uma específica problemática pode, por vezes, vir de forma tardia, o terceiro passo da 8D garante que o cliente se sinta seguro em relação ao tratamento da não conformidade identificada.

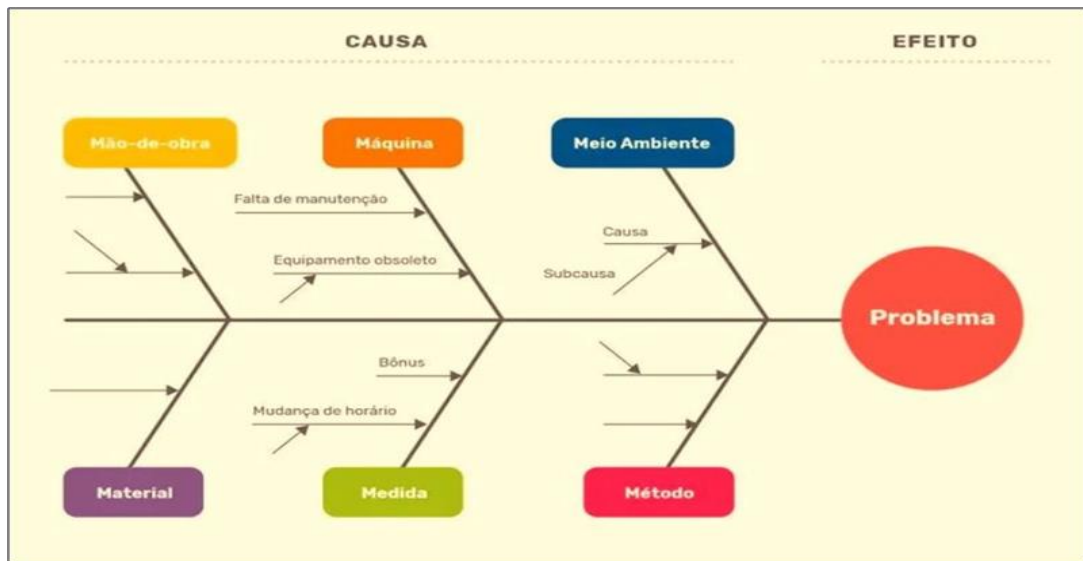
Estas ações de contenção servem para isolar e bloquear a falha, garantindo que ela não tenha maior alcance, se limitando à planta a qual ocorreu a falha, impedindo que seu impacto se estenda ao cliente. Dito isto, é fundamental que a ação contemple toda a estrutura e processos da organização, assegurando a integridade da cadeia produtiva e de suprimentos.

➤ *4D - Análise da causa raiz*

Nessa fase, é central incluir outras ferramentas de qualidade como “Os 5 Porquês”, o “Diagrama de Ishikawa”, entre outras, para que se atinja o objetivo de identificar a causa raiz do problema, separando-a de seus efeitos colaterais. É comum que os formulários 8D admitidos incluam uma ou mais ferramentas auxiliares.

O sucesso da ferramenta depende em grande parte da aplicação dessa etapa, que pode se tornar bastante complexa. É ordinário encontrar mais de uma causa raiz para um mesmo defeito. Dessa forma, a aplicação correta desta etapa é vital para o sucesso da Metodologia 8D, pois uma análise inadequada pode resultar na persistência do problema.

Figura 1 – Fenômenos previstos conforme o modelo de Ishikawa



Fonte: Elaboração própria a partir de Ishikawa (1993).

➤ *5D – Estabelecimento de ações corretivas*

Os planos de ação devem ser estabelecidos para cada causa raiz encontrada. As ações devem ser robustas, palpáveis e com alta eficiência sobre as causas raízes, a fim de garantir aqui que a falha não ocorra novamente por meio dessas causas. É essencial que as ações corretivas sejam cuidadosamente estudadas para garantir que não ocorra efeitos colaterais adversos. Para tanto, é imprescindível que elas sejam acompanhadas por um cronograma detalhado de implementação, conforme sua complexidade.

Ao longo do processo de identificação das causas potenciais, soluções também vão sendo identificadas. Ter diferentes soluções é vantajoso, pois muitas dessas soluções podem encadear novos obstáculos e ou intercorrências na cadeia de processos; ou ainda no fato de que a sua implementação não consegue resolver as ramificações derivadas do problema inicial.

➤ *6D - Execução e monitoramento das ações corretivas*

Após a definição das melhores ações para solucionar o problema, é preciso de fato aplicá-las no processo e monitorar sua efetividade. O rigor sobre o acompanhamento dos resultados corrobora com a garantia da não reincidência da falha, além de garantir que o processo permaneça livre de efeitos colaterais. Isto é, a equipe deve desenvolver uma estratégia estruturada, para que seja claro o que irá mudar, quando irá ocorrer essa mudança e quem será o responsável por essa mesma mudança.

➤ *7D - Padronização dos processos*

A penúltima fase da operacionalização da Metodologia 8D visa a padronização dos processos e a incorporação de *lessons learned* [lições aprendidas] aos processos similares. Elementos de controle e padronização, como “Planos de Controle”, “Instruções de Trabalho”, “FMEA”, “PFMEA”, “Fluxograma de Processo” entre outros, devem ser revisados e atualizados conforme as correções implementadas, assegurando que melhorias contínuas à gestão e controle da qualidade de produtos e serviços.

➤ *8D - Conclusão*

Após garantir que a falha não ocorra novamente, é preciso encerrar o 8D com uma apresentação ou reunião formal. Esta sessão serve para discutir uma síntese da problemática tratada, compartilhar a experiência adquirida, detalhar a profundidade e robustez da análise, e a eficácia das ações corretivas, além de consolidar as lições aprendidas para futuras referências.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ferramenta 8D permite uma resposta mais eficaz por parte dos diferentes intervenientes a problemas de qualidade, constituindo uma mais-valia para as organizações que a adotam. Durante o período dedicado à execução e desenvolvimento desta pesquisa, foi possível constatar e evidenciar os benefícios gerados pela aplicação da 8D nos processos e na cadeia produtiva de diversos segmentos industriais.

Embora o gerenciamento de processos e da qualidade seja instituído por meio de ações coordenadas e pela cooperação entre atores internos e externos, a análise permitiu uma compreensão mais aprofundada dos entraves encontrados na operacionalização dessa metodologia. A aplicação sistemática da metodologia não só facilita a identificação e resolução de problemas, mas também contribui para a prevenção de sua reincidência, promovendo uma abordagem estruturada e multidisciplinar.

5.1 Caracterização da empresa e do processo pesquisado

A empresa em análise é fornecedora de uma multinacional do setor automotivo (“Multinacional X”) que conta com cerca de 400 mil colaboradores distribuídos pelos 5 continentes, operando em mais de 60 países com uma vasta gama de produtos para o setor.

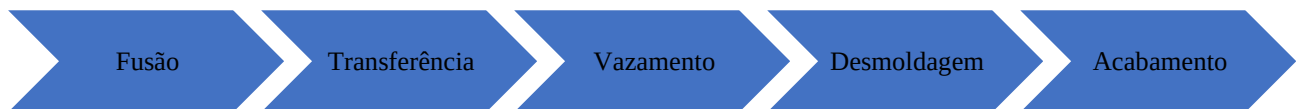
A empresa possui certificações ISO 9001 e IATF 16949, que evidencia um sistema de qualidade robusto, cujo objetivo principal é garantir sua competitividade no mercado, segurança e confiabilidade, além de assegurar um alto nível de qualidade aos seus produtos. Esse sistema de qualidade, por sua vez, é atuante em toda a cadeia de fornecimento, desde os fornecedores até os clientes finais.

Conforme a delimitação da pesquisa, a aplicação das 8 disciplinas (8D) é realizada no processo de um fornecedor de peças de ferro fundido de uma das plantas da “Multinacional X”, especificamente no segmento que vende direções para veículos pesados. O fornecedor iniciou suas atividades comerciais com a empresa há cerca de três anos, comercializando hoje cerca de seis modelos de peças, das quais três são carcaças de ferro fundido nodular.

Ademais, o fornecedor analisado opera com diferentes processos de fundição em duas plantas, ambas responsáveis pela produção e fornecimento de peças de ferro fundido nodular. É importante destacar que as peças não conforme admitidas na presente análise são produzidas na planta principal, onde o outro tipo de carcaça é produzido em menor escala. Isso posto, as

plantas de fundição do fornecedor possuem *layout* e processos distintos, mantendo apenas as etapas principais do processo de fundição, conforme destacado por Chiaverini (1986).

Imagem 2 – Fluxograma genérico do processo de fundição



Fonte: Elaboração própria a partir de Chiaverini (1986).

O ferro fundido nodular é caracterizado por uma estrutura metálica composta por quantidades específicas de perlita e ferrita, com ductibilidade acima dos mínimos estabelecidos nas normas de regulação, limites de escoamento mais elevados e maior resistência à fadiga. Para assegurar a qualidade da matéria-prima, é primordial aplicar um controle rigoroso sobre o processo produtivo, pois as características do ferro fundido nodular resultam da reação entre diferentes elementos químicos. Mesmo que não haja alterações no controle dos processos e nas especificações de receitas, é comum que ocorram variações nas propriedades do produto.

A problemática apresentada, que demandou necessidade de aplicação das 8 disciplinas, foi a detecção de carcaças de ferro fundido com ***microestrutura e propriedades mecânicas abaixo da especificação*** requeridas pela aplicação do produto. Esta não conformidade foi identificada através de um processo de verificação da conformidade das peças fornecidas às diretrizes da empresa. Tal processo avalia a correspondência entre as características do produto fornecido e o quadro de especificações previamente acordado, baseado na análise da frequência estatística de todas as peças fornecidas.

5.2 Aplicação da Metodologia 8D como Problem Solving

A aplicação da Metodologia 8D visou identificar e corrigir as causas raízes dessa não conformidade, garantindo que futuras produções atendam consistentemente às especificações de qualidade exigidas. Este caso ilustra a importância de um controle de qualidade rigoroso e

de metodologias sistemáticas de resolução de problemas para manter a integridade e a performance dos produtos no setor automotivo.

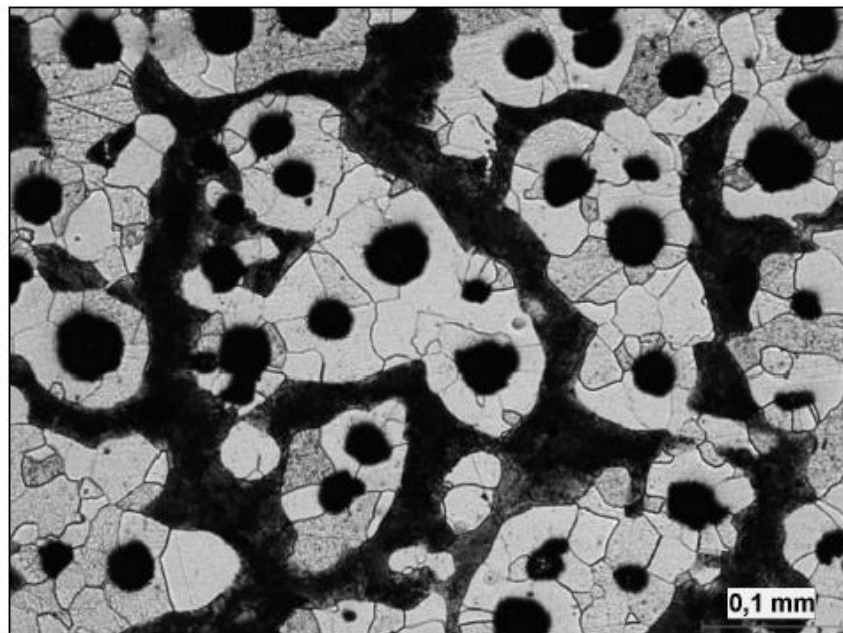
A **escolha da equipe** do *Problem Solving* (D1) foi pautada nas diferentes células da etapa do processo de fundição, formado por um time multifuncional com o objetivo de abordar o tema e resolver/sanar todas as causas raízes identificadas. A equipe era composta por engenheiros de processo, membros e supervisores da gestão da qualidade, responsáveis e analistas do laboratório metalográfico e coordenadores responsáveis pela inspeção final.

Após a formação da equipe responsável, a próxima etapa foi construir uma **descrição detalhada da problemática (D2)** detectada. Para atender tal procedimento, peças que estavam sob domínio de clientes foram selecionadas para a realização de medições de dureza e análises de microestrutura, visando determinar elementos/fatores que delimitam o problema em questão.

As análises de microestrutura revelaram que a estrutura perlítica (zonas escuras da imagem) do ferro fundido estava abaixo do esperado caracterizando-o como um material mais dúctil, com maior alongamento e, conseqüentemente, menor resistência à fadiga.

A microestrutura da peça conforme, deveria possuir mais zonas escuras, caracterizadas como perlita, assim como demonstrado abaixo.

Figura 3 – Microestrutura com perlita abaixo da especificação

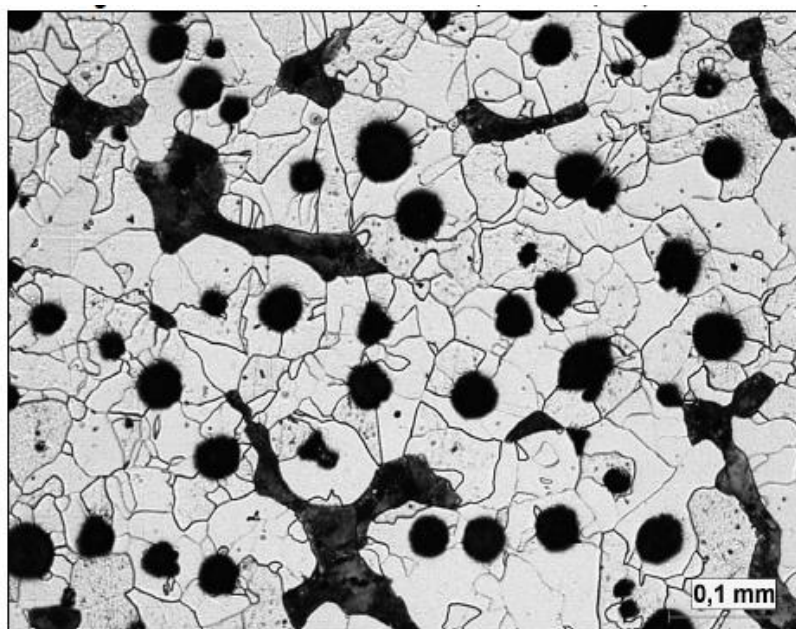


Fonte: Elaboração própria a partir de documento oficial do formulário 8D.

Essa característica é particularmente crítica para aplicações em veículos do “Tipo 1”, onde a resistência à fadiga é fundamental para a durabilidade e segurança dos componentes. Os

dados apresentados na Figura 4 e na Tabela 1 evidenciam os fenômenos descritos, corroborando à discussão apresentada.

Figura 4 – Microestrutura com perlita abaixo da especificação



Fonte: Elaboração própria a partir de documento oficial do formulário 8D.

Tabela 1 – Laudo de análise metalográfica e de microestrutura da peça não conforme

Características	Especificações	Resultados	Laudo
1. Dureza Brinell	170 - 220 HBW	160 - 158 - 159 HBW 5/750	Rejeitado
2. Grafita Forma	VI Mínimo 85%	90%	Aprovado
	IV e V Máximo 15%	10%	
	I, II e III não são permitidos	Isento	
3. Grafita Tamanho	VI ou mais finos	VI	Aprovado
4. Quantidade de Perlita	≥ 20%	5 a 16%	Rejeitado
5. Cementita	Isento	Isento	Aprovado

Fonte: Elaboração própria a partir do documento oficial do formulário 8D.

Onde as especificações apresentadas na Tabela 1, são descritas em norma (DIN 1563).

Em conformidade ao pressuposto que norteia este trabalho, assegurar que o objeto em análise esteja devidamente delimitado e garantir que os fatores constatados sejam amplamente compreendidos é primordial. Nessa direção, é essencial apresentar uma descrição detalhada do problema, conforme representado no quadro abaixo.

O Quadro 2 tem o propósito de proporcionar uma visão clara e sistemática das principais características do problema identificado, incluindo as especificações técnicas, as discrepâncias

observadas nas propriedades mecânicas e microestruturais das carcaças de ferro fundido, as datas, e outros parâmetros que requerem atenção. Como destacado *a priori*, a apresentação estruturada dos dados é necessária para orientar as etapas subsequentes da aplicação da 8D, facilitando a identificação das causas raízes e a implementação de ações corretivas eficazes.

Quadro 2 – Descrição do problema

Etapas e atividades previstas		Identificação e caracterização do problema
O que?	Objeto não conforme (fornecedor, planta, cliente e aplicação)	Carcaça, fornecedor de ferro fundido nodular, planta principal, cliente “Multinacional X”, aplicação nos veículos “Tipo 1”.
	Não conformidade	Microestrutura e propriedades mecânicas abaixo da especificação.
Onde?	O defeito foi detectado	Laboratório metalográfico do cliente.
	Região da detecção do defeito na peça	Por toda a carcaça, com análises feitas nas regiões críticas especificadas em norma.
Quando?	Data da reclamação da peça não conforme	02/02/2024
	Data da reincidência	05/02/2024
Quem?	Primeiro a observar o defeito	Analista do laboratório metalográfico do cliente.
Quantas?	Objetos que foram detectados com falha	297
	Objetos são afetados	Carcaças “Tipo 1” e carcaças “Tipo 2”*.
	Tipos de defeitos encontrados	Microestrutura abaixo da especificação mínima de perlita, dureza e resistência à tração abaixo da especificação.

Legenda: * O modelo observado neste estudo é fictício, conforme requerido pelos acordos de confidencialidade e as diretrizes éticas da pesquisa, que impedem a divulgação do nome real do participante.

Fonte: Elaboração própria a partir do documento oficial do formulário 8D.

Com base na análise dos relatórios metalográficos realizados, iniciaram-se as **ações de contenção (D3)** para impedir que o problema chegasse ao cliente final. Como medidas de contenção imediatas, foram bloqueados: (i) todos os lotes de peças brutas (em condição de entrega) do estoque da “Multinacional X”; (ii) todas as peças em fluxo de produção na referida multinacional; e (iii) todas as direções já montadas com peças de carcaças “Tipo 1”.

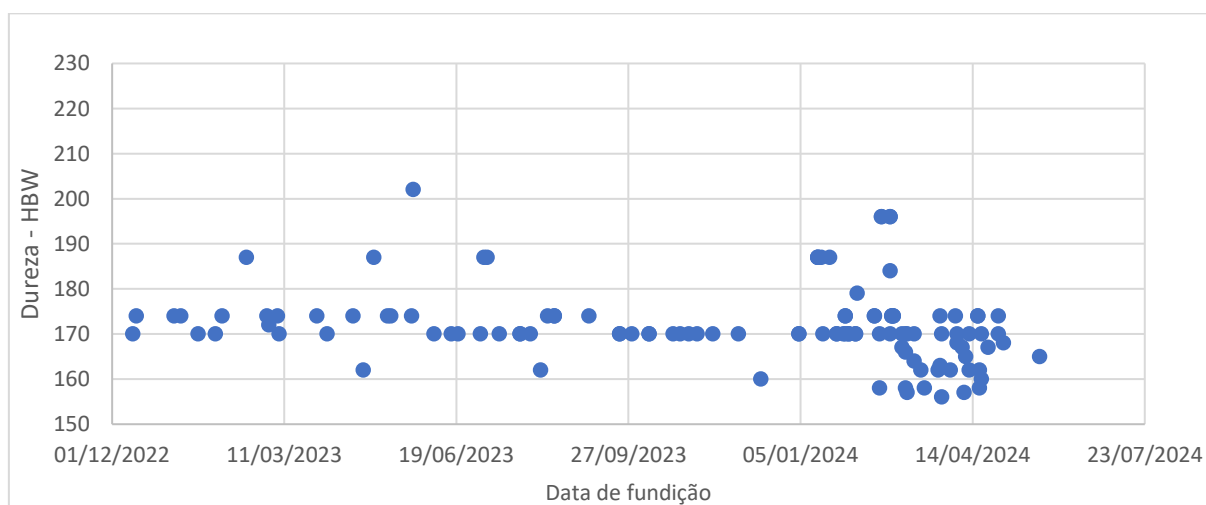
Além disso, a mesma categoria de peças foi bloqueada diretamente no fornecedor. De fato, para compreender a extensão da problemática, as ações de contenção foram estendidas à outra categoria de carcaça entregue, pois mesmo em menor escala também foi produzida pela mesma planta do fornecedor, a carcaça “Tipo 2”.

Para iniciar a avaliação de peças conformes e não conformes, foram levantados os dados de produção do fornecedor. Em detrimento de uma avaliação mais ágil, a dureza do material foi a característica admitida como parâmetro para orientação da qualidade da matéria-prima, cuja análise incluiu a medição das peças que estavam na planta do cliente. É importante frisar ainda que as especificações do *range* para a peça produzida na “Multinacional X” são de 170 HBW até 220 HBW, estabelecendo assim os limites regulatórios para a engenharia do processo.

Outro elemento a ser destacado refere-se ao procedimento para a mensuração de dureza. As medições de dureza foram executadas com base nos códigos de datas de fundição⁹. Como a principal problemática observada diz respeito à microestrutura, concluiu-se que as alterações de microestrutura ocorrem apenas de uma corrida para outra, ou seja, entre diferentes painéis e datas de fundição, tornando assim a quantidade de peças produzidas por uma mesma panela inteiramente não conformes.

Consequentemente, peças que representavam datas de fundição dentro da especificação normativa foram liberadas para retornar ao processo do cliente e serem enviadas às montadoras.

Figura 5- Dureza do material vs Data de fundição



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de dureza das peças coletadas na planta do cliente.

Com base nos dados apresentados, é possível concluir que o fornecedor executava seu processo de fundição em um patamar muito próximo do limite mínimo especificado, de modo que, estatisticamente, a variação do processo ora resultava em peças dentro da especificação (conformes) e ora fora dela (não conformes). Observou-se também que, em 2024, o volume de

⁹ A data de fundição diz respeito à quantidade de peças produzidas em uma mesma data, por uma mesma panela.

peças não conformes aumentou significativamente, assim como o volume de peças fornecidas e, conseqüentemente, as análises de microestrutura e propriedades mecânicas.

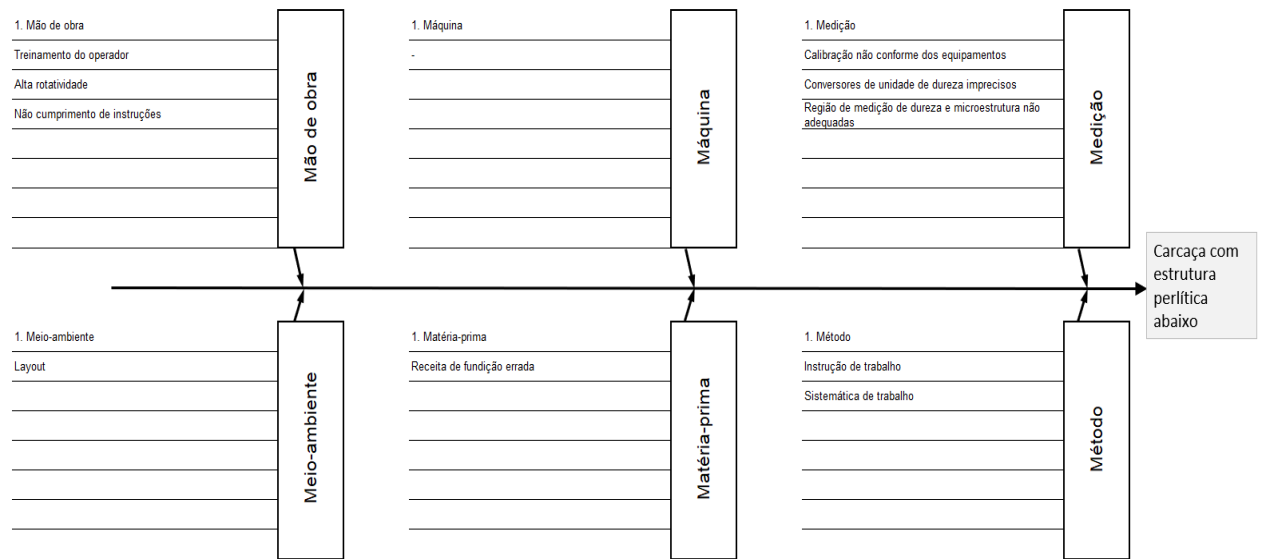
Em sentido restrito, as análises indicaram que o problema estava localizado na etapa de fusão do metal do processo produtivo do fornecedor, pois, embora as demais etapas do processo influenciassem a quantidade de perlita, não poderiam gerar uma alteração tão expressiva quanto a encontrada.

Com essas informações, foi possível iniciar o D4: Análise de Causa Raiz. Essa análise foi conduzida utilizando duas metodologias distintas, com o objetivo de identificar tanto a causa da ocorrência quanto a razão pela qual o problema não foi detectado anteriormente. Para a análise da causa raiz, aplicaram-se as seguintes metodologias:

1. **Método dos 5 Porquês:** Esta técnica foi utilizada para identificar a causa subjacente da falha ao questionar repetidamente "por que" cada sintoma ou problema ocorreu. Este método permitiu aprofundar nas camadas do problema até chegar à causa fundamental.
2. **Diagrama de Ishikawa (Espinha de Peixe):** Utilizado para visualizar as várias causas potenciais de um problema, agrupando-as em categorias como pessoas, processos, equipamentos, materiais e ambiente. Este método proporcionou uma visão abrangente dos fatores que poderiam estar contribuindo para a não conformidade.

A aplicação dessas metodologias possibilitou uma compreensão mais profunda dos fatores que levaram à produção de peças fora da especificação e às falhas na detecção precoce do problema. Ao identificar as causas fundamentais, tornou-se possível desenvolver ações corretivas eficazes para prevenir a reincidência do problema e melhorar a robustez do processo produtivo do fornecedor.

Imagem 2 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaboração própria a partir de Ishikawa (1993).

Após a construção do Diagrama de Ishikawa, foram identificadas as causas mais prováveis do desvio, descartando outras perspectivas previamente levantadas.

Em relação a mão de obra, foram descartadas as três causas prováveis, uma vez que a etapa de fusão do processo de fundição é configurada por um sistema computadorizado. Por sua vez, a adição de componentes (gusa, sucata, magnésio e demais elementos) não pode ser alterada manualmente pelo operador, sendo controlada exclusivamente pelo sistema, o qual é bloqueado/protegido por senha.

Outra variável ressaltada é o meio-ambiente. O pressuposto de que o *layout* influenciou o processo (caso) foi descartado. Se o resfriamento houvesse sofrido interferência externa, a quantidade de perlita detectada estaria próxima ao limite inferior do processo. Contudo, o problema identificado mostrou peças com uma variação de perlita entre 5% e 16%, indicando uma heterogeneidade muito grande, o que permite eliminar essa hipótese.

Não menos importante, as causas relacionadas ao método também foram descartadas, pois o processo de fusão é independente de opções e escolhas humanas. Destarte, foi detectado que a ocorrência do problema está também diretamente ligada à matéria-prima. Uma análise aprofundada na planta revelou que a receita de fundição do fornecedor inclui faixas de especificação dos elementos químicos muito amplas (aberta), permitindo grandes variações no processo devido a reações químicas não controladas.

Por fim, a não-detecção do problema foi diretamente associada aos meios de medição. As regiões utilizadas para medição eram diferentes das especificadas pelo cliente, que são as

regiões mais críticas da peça. Além disso, os conversores de unidade do laboratório para dureza apresentavam precisão limitada por uma tabela de conversão.

Seguindo o modelo empírico previsto, essas causas raízes mais prováveis, previamente discutidas neste tópico, deram início à análise dos “5 Porquês”, proporcionando o avanço na compreensão dos motivos da ocorrência e da não-detecção do problema.

Quadro 3 – Aplicação das causas raízes prováveis nos “5 Porquês”

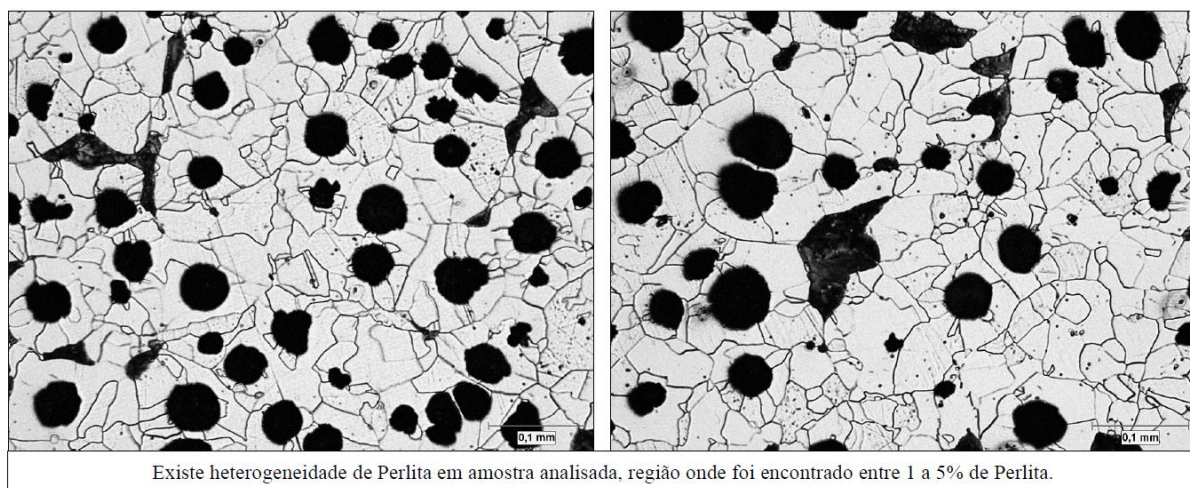
	Por que o problema aconteceu?	Por que o problema não foi detectado?		
Causa Raíz (provável)	Receita de fundição errada	Calibração não conforme dos equipamentos de medição	Conversores de unidade de dureza imprecisos	Região de medição de dureza e microestrutura não adequadas
1º Porque	É utilizado a mesma quantidade de elementos a cada receita de fundição	Calibração errada ou irregular gera variações de medição de dureza	Conversores de análise de dureza antigos: variação de dureza a cada 4 unidades de medida do diâmetro; e escala de múltiplos de 4	Retirada/medição de regiões não especificadas por norma
2º Porque	O agente nodularidade (magnésio) e o de perlitificação (cobre) tem grande faixa de variação na receita	Os registros de equipamentos já calibrados e testes de medição em outros durômetros (calibrados) não demonstraram grandes variações como as detectadas	Conversores de acordo com a norma DIN desatualizada	Facilidade para retirar medidas de regiões que não destruiriam a peça, permitindo sua reutilização
3º Porque	Há grandes diferenças de uma panela de fundição para outra	Causa Raíz eliminada		
4º Porque	Reação dos agentes da receita acontece de forma diferente, hora garantindo o processo na especificação, ora fora dela			
5º Porque	As quantidades adicionadas de cobre e de magnésio geram variações não possíveis de serem controladas			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados.

Após a aplicação da metodologia dos “5 Porquês”, detalhada no Quadro 3, é pertinente afirmar que a ocorrência do problema estava relacionada à quantidade de cobre e magnésio adicionada à receita, uma vez que a taxa de variação (*range*) desses elementos era muito ampla, embora dentro dos limites estabelecidos pela norma.

Para confirmar essa descoberta, foi fundamental replicar a falha encontrada no cliente, variando primeiramente as quantidades de magnésio e, em seguida, as de cobre. Ao variar a adição de magnésio no processo, não foi possível replicar a falha, eliminando assim tal variação como causa do problema. No entanto, ao alternar a quantidade de cobre, a falha foi reproduzida quando as quantidades se encontravam abaixo de 0,20%, sendo que a variação especificada na receita era de 0,15% a 0,50% na proporção de cobre.

Figura 6 – Microestrutura com adição de menos de 0,20% de cobre



Fonte: Elaboração própria a partir do documento oficial do formulário 8D.

A não-detecção do desvio está diretamente relacionada à divergência no método de medição, envolvendo equipamentos com precisão inferior ao especificado e o uso do método de análise de microestrutura através de medições não destrutivas em regiões diferentes das estipuladas pelas normas do cliente.

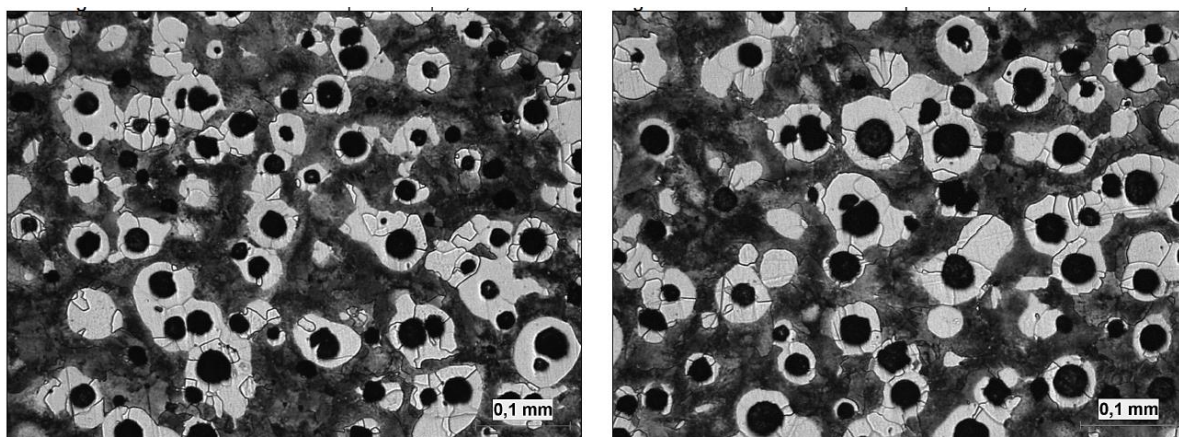
O *design* da peça de ferro fundido influencia diretamente na microestrutura, razão pela qual há uma norma especificada no desenho da peça que determina a região de onde devem ser retirados corpos de prova para medições de dureza e de microestrutura; caracterizando ambos os ensaios como destrutivos.

Nesse contexto, o fornecedor detectou tal divergência no processo, uma vez que não faziam retiradas de corpos de prova nem as medições na região especificada pelo cliente. Além

disso, foi constatada a utilização de uma norma desatualizada para a conversão de medidas do diâmetro da esfera impressa no corpo de prova para a dureza do ferro.

Destarte, foram desenvolvidas as **ações corretivas (D5)** para abordar tanto a ocorrência quanto a não detecção do problema. Em efeito, foi proposto o aumento da quantidade de cobre na receita do ferro fundido, ajustando a faixa de variação para 0,25% a 0,35%, o que permite elevar a quantidade de perlita formada e, conseqüentemente, a dureza da peça.

Figura 7 – Microestrutura com quantidade de perlita em 50%



Fonte: Elaboração própria a partir do documento oficial do formulário 8D.

A Figura 5 ilustra o perfil de uma carcaça de ferro fundido com um percentual de perlita em torno de 50%. Além disso, como prática de ação corretiva para a causa raiz da não-detecção, foram implementados alinhamentos dos métodos de medição e atualizações na documentação e nas especificações da organização, conforme detalhado na Tabela 2.

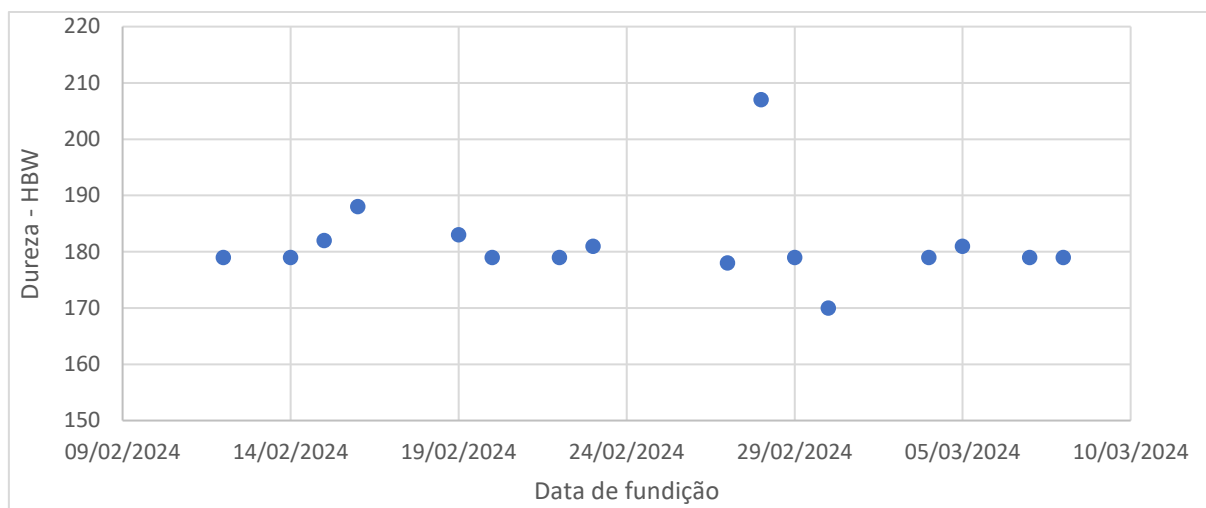
Tabela 2 – Análise metalográfica e de microestrutura de uma peça conforme

Características	Especificações	Resultados	Laudos
1- Dureza Brinell	170 – 220 HBW	Corpo prova N°: 1 = 211 - 215 HBW 5/750	Aprovado
		Corpo prova N°: 2 = 214 - 211 HBW 5/750	
2- Grafita Forma	VI Mínimo 85% IV e V Máximo 15% I, II e III não são permitidos	90 %	Aprovado
		10 %	
3- Grafita Tamanho	VI ou mais finos	Isento	Aprovado
4- Quantidade de Perlita	≥ 20%	50%	Aprovado
5- Cementita	Isento	Isento	Aprovado

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados.

A fim de se comprovar a **efetividade das ações corretivas implementadas (D6)**, a programação de fundição do fornecedor se orientou para carcaças do “Tipo 1”, para coleta de dados. Após 3 semanas de análise de dureza, os resultados seguem conforme o Gráfico 2 abaixo.

Figura 8 – Valor de dureza por data de fundição



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados.

Após a comprovação da eficácia das ações corretivas, iniciou-se a etapa de **lições sistêmicas para evitar reincidências (D7)** do mesmo modo de falha, considerando as causas raízes identificadas. As ações corretivas foram então estendidas para outras carcaças produzidas pelo fornecedor, em ambas as plantas produtivas.

A análise meticulosa das causas raízes revelou que a composição química do ferro fundido nodular, particularmente a quantidade de cobre na receita, era um fator crítico para a formação de perlita e, consequentemente, para as propriedades mecânicas da peça. A faixa de variação do cobre foi ajustada para garantir a formação adequada de perlita, aumentando assim a dureza e a resistência à fadiga das carcaças.

Este ajuste na receita foi essencial para assegurar que as peças atendessem consistentemente às especificações do cliente. Além disso, a investigação das causas de não detecção do problema destacou a necessidade de alinhamento dos métodos de medição com as normas especificadas pelo cliente.

Foi identificado ainda que o fornecedor utilizava métodos de medição e normas de conversão desatualizadas, comprometendo a precisão das análises de dureza e microestrutura. A implementação de métodos de medição atualizados e a realização de medições destrutivas nas regiões especificadas pelo cliente foram ações fundamentais para evitar futuros desvios.

A abrangência das ações corretivas incluiu a atualização de toda a documentação da organização. O FMEA foi revisado para incluir os novos riscos identificados e as medidas de controle implementadas. As Instruções de Trabalho foram atualizadas para refletir os novos procedimentos de adição de cobre e os métodos de medição revisados.

Ademais, o cronograma e o conteúdo dos treinamentos foram ajustados para garantir que todos os colaboradores estivessem cientes das novas práticas e normas. Por sua vez, o plano de controle foi modificado para incorporar as novas especificações de processo e os pontos críticos de controle identificados durante a análise.

Após a implementação das ações sistêmicas, a equipe de *Problem Solving* reuniu-se para uma discussão final e oficialização do encerramento da aplicação da 8D. Durante esta reunião, toda a problemática enfrentada foi revisada, desde a detecção inicial das carcaças fora de especificação até a implementação das ações corretivas.

A equipe repensou as lições aprendidas, destacando a importância de um controle rigoroso da composição química e a necessidade de métodos de medição precisos e atualizados. Portanto, esta discussão final serviu ainda para consolidar o conhecimento adquirido e disseminá-lo dentro da organização.

Destarte, as lições aprendidas foram documentadas/compartilhadas com as partes interessadas, garantindo que as boas práticas estabelecidas durante o processo fossem incorporadas na cultura organizacional. No encerramento do caso, foi enfatizado a importância da comunicação e cooperação entre todos os departamentos e a cadeia de suprimentos para garantir a qualidade e confiabilidade dos produtos.

Portanto, destaca-se que a aplicação da ferramenta das 8 disciplinas demonstrou-se eficaz na resolução da problemática enfrentada e na prevenção de futuras ocorrências similares. A Metodologia 8D não apenas solucionou o problema imediato, mas também fortaleceu os processos e controles da organização, contribuindo para a melhoria contínua da qualidade e a competitividade no mercado automotivo.

6 CONCLUSÃO

Através de um processo de revisão e avaliação da literatura, aliado à aplicação de um estudo de caso específico, este estudo não apenas corroborou a hipótese defendida, mas também ampliou a compreensão das vantagens e limitações pontuais da utilização da 8D em variados segmentos empresariais. Em suma, a análise de um caso de sucesso permite observar como o *Problem Solving* na indústria automotiva pode gerar resultados expressivos quando aplicado de maneira eficaz, reforçando a atuação e aprendizado do profissional da engenharia.

No caso abordado, o gerenciamento dos processos ocorreu por meio de análises *in loco*, realizadas por um engenheiro químico sênior da “Multinacional X”, responsável pela gestão da equipe formada para solucionar o problema. Caracterizada pela análise e pelo acompanhamento constante das atividades, sua atuação foi fundamental para garantir a alta eficiência das ações implementadas, alcançadas graças ao suporte de um profissional da engenharia química.

A solução proposta pelo “Fornecedor X”, que envolveu o aumento do percentual de cobre na receita do ferro fundido, foi eficaz a ponto de anular o refugo por esse modo falha na sua produção. A partir dessa melhoria, foi possível alimentar plataformas de lições aprendidas, permitindo sua aplicação em falhas semelhantes e/ou em processos similares futuros.

É importante destacar que a eficiência das práticas desenvolvidas foi significativamente potencializada pela participação ativa dos profissionais da equipe de gestão. A presença do engenheiro químico sênior na verificação das ações da 8D foi essencial no caso estudado. Esse acompanhamento *in loco* permitiu uma análise contínua das ações executadas, garantindo que as mudanças propostas fossem eficazes para a gestão e controle da qualidade.

A *expertise* técnica fornecida na avaliação possibilitou um laudo preciso das alterações propostas, permitindo a adoção de eventuais ajustes nos procedimentos e assegurando maior efetividade às soluções implementadas. Logo, este caso ilustra a importância do envolvimento de especialistas em processos complexos de manufatura, onde a compreensão detalhada dos processos e da cadeia produtiva é crucial para o tratamento adequado dos problemas/falhas.

Por fim, a discussão ampliada sobre a Metodologia 8D na indústria automotiva sublinha a importância de uma abordagem estruturada e colaborativa na resolução de problemas, bem como a relevância do acompanhamento técnico na gestão de processos, e os benefícios tangíveis em termos de controle da qualidade, de eficiência e da competitividade empresarial.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. C. R. Q. Avaliação da aplicação do ciclo PDCA na tomada de decisão em processos industriais. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Instituto de Tecnologia. Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.
- ALMEIDA, V. N. Gestão de processos: aprenda a identificar e solucionar os gargalos operacionais. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.euax.com.br/2018/06/gestao-de-processos-gargalos/>, 2018. Acesso em 14 de abril de 2024.
- ASQ, American Society for Quality. Seven basic quality tools. (Nota Técnica). Disponível em: <https://asq.org/quality-resources/seven-basic-quality-tools>, 1950. Acesso em: 14 de abril de 2024.
- BASSAN, E. J. 8D: Conceitos, aplicações e exercícios. 1 ed. Curitiba: Caleg Treinamentos, 2022. 55 p.
- BEACH, D.; PEDERSEN, R. B. Causal case study methods: foundations and guidelines for comparing, matching, and tracing. Ann Arbor: University of Michigan Press, 2016.
- BEHRENS, B-A.; WILDE, I.; HOFFMANN, M. Complaint management using the extended 8D-method along the automotive supply chain. Production Engineering, v. 1, n. 1, p. 91-95, 2007.
- BERG, B. L. Qualitative research methods for the social sciences. 4 ed. Boston: Allyn e Bacon, 2001.
- BERGER D. R.; DEMBOGURSKI, M.; POLACINSKI, E.; GUARIENTI, E. P.; GODOY, L. P. Metodologia 8D como uma ferramenta da qualidade para soluções de problemas: uma abordagem conceitual. In: FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR, 1., 15-17 ago., 2012. Santa Maria: Anais do I ECOINOVAR, 2012. 14 p.
- BESTERFIELD, D. H. Quality control. 5 ed. Canada: Pearson Education, 1998. 519 p.
- BOOTH, A. Searching for qualitative research for inclusion in systematic reviews: a structured methodological review. Systematic Reviews, v. 5, n. 74, p. 1-23, 2016.
- CAMPOS, V. F. Qualidade total: padronização de empresas. 2 ed. Belo Horizonte: Editora Falconi, 2014. 171 p.
- CAPOTE, G. Guia para formação de analistas de processos. 2 ed. Rio de Janeiro: Createspace Independent Publishing Platform, 2016. 342 p.
- CARPINETTI, L. C. R. Gestão da qualidade: conceitos e técnicas. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012. 248 p.
- CHIAVERINI, V. Tecnologia mecânica: processo de fabricação e tratamento. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986. p.

COSTA, T. B. S.; MENDES, M. A. Análise da causa raiz: utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos “5 Porquês” para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 10., 22-24 nov. Sergipe: Anais do X SIMPROD, p. 1-11, 2018.

GOETSCH, David L.; DAVIS, Stanley. *Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality*. 8. ed. Harlow: Pearson, 2015.

CRUZ, T. Sistemas, métodos e processos: administrando organizações por meio de processos de negócios. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2014. 376 p.

FERREIRA, A. R. Gestão de processos. Diretoria de Desenvolvimento Gerencial do Programa de Gerentes Operacionais. (Apostila: módulo 3). Brasília: ENAP/DDG, 2013. 179 p.

FORD, H. Os princípios da prosperidade. Rio de Janeiro: Brand, 1954. 209 p.

GOERTZ, G.; MAHONEY, J. A tale of two cultures: qualitative and quantitative research in the social sciences. New Jersey: Princeton University Press, 2012.

GONÇALVES, J. L. As empresas são grandes coleções de processos. Revista de Administração de Empresas – RAE, v. 40, n. 1, p. 6-19, 2000.

GONZALES, J. C. S.; MIGUEL, P. A. Uma contribuição à interpretação da QS 9000. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 1998. Rio de Janeiro: Anais da ENEGEP, 1998. 7 p.

GREGORIO, P. C. O debate metodológico nos estudos de promessas eleitorais. Revista Brasileira de Ciências Sociais – RBCS, v. 39, e. 39007, p. 1-22, 2024.

HARRINGTON, H. J. Aperfeiçoando processos empresariais: estratégia revolucionária para o aperfeiçoamento da qualidade, da produtividade e da competitividade. 1 ed. São Paulo: Makron Books, 1993. 343 p.

HUNT, L.; DOMINGUEZ, J.; WILLIAMS, C. The ISO 9001:2015 handbook: a practical guide to implementation. Spring, TX: Paton Professional, 2016. 292 p.

ISHIKAWA, K. Controle da qualidade total: à maneira japonesa. São Paulo: Campus, 1993. 221 p.

ISO 9000:2005. Quality managements systems: fundamentals and vocabulary. (Manual). International Organization for Standardization. Geneva, Suisse, 2005.

JURAN, M.; GODFREY, A. Juran’s quality handbook. 5 ed. Washington, DC: McGraw-Hill Companies, 1998. 1872 p.

MAEKAWA, R.; CARVALHO, M. M.; OLIVEIRA, O. J. Um estudo sobre a certificação ISO 9001/2008 no Brasil: mapeamento de modificações, benefícios e dificuldades. Gestão e Produção, v. 20, n. 4, p. 763-779, 2013.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendação para sua condução. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007. p.

NASCIMENTO, D. P. C. Aplicação da Metodologia 8D na melhoria de um processo: um estudo de caso de uma empresa do polo industrial de Manaus. Monografia (Tecnólogo em Eletrônica Industrial) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus, 2023. 47 p.

OLIVEIRA, O. J. Gestão da qualidade: tópicos avançados. São Paulo: Cengage Learning, 2020. 243 p.

OSTRENGA, M. R. Guia da Ernst & Young para a gestão total dos custos. 2 ed. São Paulo: Record, 1993. 336 p.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. Estratégia seis Sigma: how GE, Motorola, and Other top companies are honing their performance. New York: McGraw-Hill, 2000. 448 p.

PRADELLA, S.; FURTADO, J. C.; KIPPER, L. M. Gestão de processos da prática à teoria: aplicando a metodologia de simulação para a otimização do redesenho de processos. 1 ed., São Paulo: Atlas, 2012. 150 p.

PRASAD, B. Concurrent engineering fundamentals, vol I: integrated product and process organization. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 1997. 502 p.

RIESENBERGER, C. A.; SOUSA, S. D. The 8D Methodology: an effective way to reduce recurrence of customer complaints? In: Proceedings of the World Congress on Engineering, v. 3, 2010.

RODRIGUES, M. V. Ações para a qualidade: gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 361 p.

RODRIGUES, M. V.; AFONSO, C. W. Análise organizacional: das origens à era da sustentabilidade. 1 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2020. 248 p.

SANTOS, G. T.; SCHUSTER, M. M.; PRADELLA, S. A análise de processos de negócios sob o olhar profissional de secretariado executivo. Revista do Secretariado Executivo, n. 8, p. 7-20, 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUSA, T. J. F.; BRANCO, A. N.; DIAS, N. T.; JUNIOR, N. T. L.; PANTOJA, C. L. Proposta de melhoria do processo de uma fábrica de polpas por meio da metodologia de análise e solução de problemas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 13-16 out. Fortaleza: Anais do XXXV ENEGEP, 2010. 17 p.

SOUSA, J. C.; MOTA, L. O. Aplicação das sete ferramentas da qualidade nas organizações na área da produção. *Revista de Psicologia*, v. 16, n. 60. p. 123-140, 2022.

TOLEDO, J. C.; BORRÁS, M. A.; MERGULHÃO, R. C.; MENDES, G. H. S. *Qualidade: gestão e métodos*. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 807 p.

TUBINO, D. *Manual de planejamento e controle da produção*. São Paulo: Atlas, 2000. 102 p.

TURBAN, E.; KING, D. *Comércio eletrônico: estratégia e gestão*. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 456 p.

VARGAS, D. L. Resolução de problemas utilizando a Metodologia 8D: estudo de caso de uma indústria do setor sucroalcooleiro. In: *SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE*, 9., 28 nov. – 01 dez., 2017, Sergipe: *Anais do IX SIMPROD*, p. 464-477, 2017.

WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos*. 4 ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 111 p.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2001. p.