

**BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA IMPLANTAÇÃO DO FMEA AIAG/VDA EM UMA
MULTINACIONAL FABRICANTE DE PEÇAS AUTOMOTIVAS**

***BENEFITS AND CHALLENGES OF IMPLEMENTING FMEA AIAG/VDA IN A
MULTINATIONAL AUTOMOTIVE PARTS MANUFACTURER***

João Vitor Bizeli – joao.bizeli@fatec.sp.gov.br
Fatec Taquaritinga “Marlene Maria Miletta Servidoni” – Taquaritinga – SP – Brasil

Luis Fernando Terazzi – luis.terazzi@fatec.sp.gov.br
Fatec Taquaritinga “Marlene Maria Miletta Servidoni” – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v22i1.2155

Data de submissão: 22/02/2024

Data do aceite: 26/06/2025

Data da publicação: 30/06/2025

RESUMO

O FMEA AIAG/VDA é uma metodologia essencial na gestão de riscos e na melhoria da qualidade na indústria automotiva. Este estudo tem como objetivo analisar os benefícios e desafios da implementação dessa abordagem em uma multinacional fabricante de peças automotivas. A pesquisa, de caráter descritivo e qualitativo, foi conduzida por meio de um estudo de caso, envolvendo entrevistas semiestruturadas com três profissionais com experiência. Os resultados indicaram que a aplicação do FMEA AIAG/VDA favorece a prevenção de falhas, reduz custos com retrabalho e *recalls*, e melhora a confiabilidade dos produtos. Além disso, a metodologia contribui para a integração das equipes e a otimização dos processos produtivos. No entanto, desafios como a resistência à adoção do método, a necessidade de capacitação contínua e a complexidade documental foram apontados como obstáculos à sua implementação eficaz. A pesquisa reforça a importância do FMEA AIAG/VDA como ferramenta estratégica para a indústria automotiva, destacando a necessidade de investimentos em treinamento e tecnologia para maximizar seus benefícios.

Palavras-chave: Gestão de riscos. Indústria automotiva. Prevenção de falhas. Qualidade.

ABSTRACT

The AIAG/VDA FMEA is an essential methodology in risk management and quality improvement within the automotive industry. This study aims to analyze the benefits and challenges of implementing this approach in a multinational automotive parts manufacturer. The research, descriptive and qualitative in nature, was conducted through a case study

involving semi-structured interviews with three experienced professionals. The results indicated that the application of the AIAG/VDA FMEA promotes failure prevention, reduces costs related to rework and recalls, and improves product reliability. Additionally, the methodology contributes to team integration and the optimization of production processes. However, challenges such as resistance to adopting the method, the need for continuous training, and documentation complexity were identified as obstacles to effective implementation. The research reinforces the importance of AIAG/VDA FMEA as a strategic tool for the automotive industry, highlighting the need for investment in training and technology to maximize its benefits.

Keywords: Risk management. Automotive industry. Failure prevention. Quality

1. INTRODUÇÃO

O *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ou Análise dos Modos de Falha e Efeitos, é amplamente reconhecido como uma metodologia eficaz para identificar e prevenir falhas em sistemas, projetos, processos e serviços antes que eles afetem o sistema produtivo da organização e consequentemente o cliente (Cândea; Kifor; Constantinescu, 2014). Segundo Mzougui e Felsoufi (2019), o FMEA foi inicialmente introduzido em 1949 para padrões militares e desenvolvido por empresas aeronáuticas e automotivas em 1956, evoluindo para se tornar uma ferramenta importante na gestão de riscos e na melhoria da qualidade industrial. Paralelamente, Ibarra, Carvalho e Durazzo (2024) afirmam que o FMEA é um alicerce para o gerenciamento de risco e passou por pequenas, mas importantes, mudanças ao longo do tempo. Essas modificações nos métodos industriais desempenharam um papel fundamental na melhoria da aplicação e eficácia do FMEA, especialmente na identificação e mitigação de falhas no setor automotivo. Essas mudanças refletem a constante adaptação e evolução das práticas industriais para atender às demandas e complexidades emergentes (Ibarra; Carvalho; Durazzo, 2024).

Além disso, houve uma integração significativa do FMEA com a indústria automotiva, consolidada pela adoção dos padrões do *Automotive Industry Action Group* (AIAG) como referência essencial no setor para gerenciamento de riscos, passando a ser denominado de FMEA AIAG (Bertsche, 2008). Como enfatiza Liu (2016), o FMEA AIAG trouxe uma abordagem mais sistemática para avaliar e priorizar os modos de falha, incorporando análises planejadas sobre severidade, detecção e ocorrência dessas falhas. Essa evolução não apenas possibilitou uma gestão de riscos mais robusta, mas também contribui de maneira significativa para o avanço da qualidade e segurança (Liu, 2016).

Conforme Kök e Yildiz (2023), a *Verband der Automobilindustrie* (VDA), que representa a indústria automotiva alemã, colaborou em 2019 com o AIAG para desenvolver uma versão unificada, gerando o FMEA AIAG/VDA. Essa parceria teve como objetivo consolidar as melhores práticas das indústrias automotivas europeias e norte-americanas, resultando em um padrão global harmonizado. A integração criou uma metodologia mais colaborativa e abrangente, que considera o ciclo de vida completo do produto e promove maior alinhamento entre os diversos setores da cadeia produtiva. Além disso, incorpora boas práticas para a identificação de falhas em sistemas complexos, assim como orientações para a implementação e rastreamento de ações corretivas (Kök; Yildiz, 2023). Nesse contexto, a proposta desta pesquisa se justifica pela relevância do FMEA como ferramenta essencial na gestão de riscos e na melhoria da qualidade na indústria automotiva. Sua capacidade de identificar e prevenir falhas antes que estas afetem a produção ou o cliente torna sua implementação fundamental para as organizações. Com a recente unificação das metodologias promovida pela colaboração entre AIAG e VDA, torna-se ainda mais relevante analisar os benefícios e desafios da adoção do FMEA nas empresas do setor.

Diante disso, o objetivo deste artigo é, através de uma pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa e operacionalizada pelo método de estudo de caso, analisar as nuances dos benefícios e dos desafios da implementação do FMEA AIAG/VDA em uma empresa de grande porte do setor de peças automotivas, bem como sua utilização no dia a dia da organização, com foco na melhoria da qualidade e eficiência dos processos. Antes, contudo, de realizar este estudo (cuja metodologia é descrita na seção 3 e os resultados na seção 4), a seção 2, que se inicia a seguir, denota, Histórico, Evolução e Importância do FMEA na Indústria Automotiva e a Metodologia FMEA AIAG/VDA e Suas Implicações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Importância do FMEA na Indústria Automotiva

O FMEA tem suas origens na década de 1940, e sua aplicação inicial era evitar falhas em equipamentos essenciais, uma tarefa vital para prevenir perdas significativas (McDermott; Mikulak; Beauregard, 2017). Com o sucesso obtido em áreas críticas, como a militar e a aeroespacial, o FMEA começou a ser adaptado e implementado em diversos setores, incluindo a indústria automobilística, pois se observou que uma análise preventiva poderia melhorar a qualidade dos produtos, reduzir os custos relacionados a um defeito e, principalmente, garantir a segurança do usuário (McDermott; Mikulak; Beauregard, 2017). Na década de 1960, o

crescimento da complexidade dos veículos e dos sistemas de produção levou a indústria automobilística a adotar o FMEA como uma abordagem organizada para garantir segurança e confiabilidade, marcando o início de um período de intensificação das práticas de qualidade (McDermott; Mikulak; Beauregard, 2017). A *Ford Motor Company* se destacou como uma das pioneiras na implementação do FMEA ao lançar, em 1977, o manual de FMEA. Esse documento foi um marco significativo, pois não apenas padronizou a utilização da ferramenta em seus processos de desenvolvimento, mas também ressaltou sua importância no controle de riscos e na garantia da qualidade de produtos e processos (McDermott; Mikulak; Beauregard, 2017).

Desse modo, o objetivo do FMEA, segundo Cândea, Kifor e Constantinescu (2014), é seguir um roteiro de passos para tomar ações e eliminar ou reduzir falhas, começando pelas de maior prioridade. No entanto, o esforço para desenvolver um FMEA é considerado alto, principalmente devido ao número de pessoas envolvidas (Cândea; Kifor; Constantinescu, 2014). Segundo Ramere e Laseinde (2021), a evolução do FMEA no setor automobilístico tem sido marcada por uma valorização crescente de sua capacidade de prevenir falhas durante o desenvolvimento de produtos e, principalmente, nos processos envolvidos. Essa valorização se deve à complexidade dos automóveis modernos, que incorporam altas tecnologias. Nesse contexto, a detecção de falhas e suas consequências tornou-se um elemento crucial para garantir a competitividade e a segurança dos veículos.

É notório que o FMEA sofreu várias alterações até se transformar em uma ferramenta amplamente utilizada por diversos setores. Assim, vale destacar que, conforme Kök e Yıldız (2023), em meados da década de 1980, o AIAG estabeleceu uma versão do FMEA com o objetivo de padronizar a análise de falhas entre os fabricantes norte-americanos. No entanto, com a expansão global do setor automotivo, o comitê alemão VDA lançou uma versão própria do FMEA no final da década de 1990, a fim de cumprir os padrões europeus e estabelecer práticas de gestão de risco mais concretas (Kök; Yıldız, 2023). Em 2019, conforme Kök e Yıldız (2023), essas duas entidades uniram-se para estabelecer o FMEA AIAG/VDA, criando uma versão unificada que combina as melhores práticas das duas versões e introduz um método estruturado em sete fases (Kök; Yıldız, 2023).

2.2 Metodologia FMEA AIAG/VDA e Suas Implicações o setor automotivo

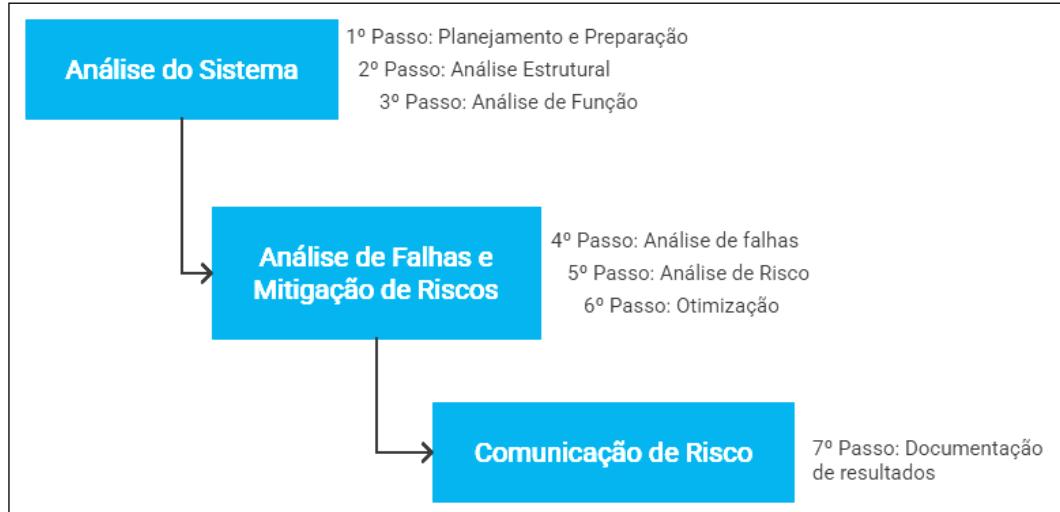
A metodologia FMEA AIAG/VDA representa, segundo Wu, Liu e Li (2024), uma abordagem colaborativa e multidisciplinar, exigindo a participação de profissionais de diversas

áreas, incluindo engenharia, produção, qualidade e, em alguns casos, até mesmo representantes do cliente. Esta colaboração permite uma análise mais abrangente e detalhada dos modos de falha, suas causas e possíveis efeitos, sendo fundamental para capturar diferentes perspectivas e enriquecer a avaliação dos riscos. Uma implementação eficaz do FMEA AIAG/VDA exige que a equipe esteja familiarizada com o funcionamento dos produtos e processos em análise, além de ter acesso a dados históricos de falhas, reclamações de clientes e resultados de testes. Este conhecimento é essencial para uma identificação precisa dos modos de falha e suas causas, possibilitando uma análise mais assertiva e direcionada (Wu; Liu; Li, 2024).

Para Anette, Lars e Nicholas (2022), o FMEA AIAG/VDA caracteriza-se pela ênfase na prevenção de falhas desde as fases iniciais de desenvolvimento e pré-produção promovendo uma abordagem estruturada para identificar e mitigar potenciais riscos. A identificação precoce dos riscos permite que a organização adote ações proativas, evitando falhas no campo e reduzindo custos com recalls, retrabalhos e prejuízos à reputação. Além disso, o FMEA AIAG/VDA promove uma reavaliação contínua ao longo do ciclo de vida do produto ou processo, o que possibilita ajustes conforme surgem novas informações ou alterações no cenário operacional (Anette; Lars; Nicholas, 2022).

Para assegurar uma abordagem preventiva e abrangente, Gueorguiev, Kokalarov e Sakakushev (2020) indicam que o FMEA AIAG/VDA adota um método estruturado e conforme Figura 01 se divide em três elementos principais: 1) Análise do Sistema, 2) Análise de Falhas e Mitigação de Riscos, e 3) Comunicação de Risco, e sete passos, que visam proporcionar uma análise completa.

Figura 1 – Elementos principais e os sete passos para estruturação do FMEA AIAG/VDA



Fonte: Gueorguiev, Kokalarov e Sakakushev (2020).

Assim, conforme Gueorguiev, Kokalarov e Sakakushev (2020) cada etapa é seguida para orientar a equipe na identificação e mitigação de possíveis falhas ao longo do desenvolvimento e implementação do produto ou processo, sendo dividida em sete passos:

1. Planejamento e Preparação: essa etapa envolve a definição do escopo da análise, restrições do sistema, seleção da equipe e ferramentas. O objetivo é garantir que todos compreendam o produto ou processo em análise e que os recursos estejam adequadamente alocados;

2. Análise Estrutural: o sistema é dividido em elementos e subprocessos, visando entender melhor suas interações e identificar pontos críticos de falha. Esta análise costuma utilizar diagramas e fluxogramas;

3. Análise Funcional: são detalhadas as funções esperadas de cada componente ou subprocesso. Com isso, definem-se parâmetros de operação e resultados esperados, ajudando a detectar modos de falha associados a desempenhos insatisfatórios;

4. Análise de Falha: identificam-se os modos de falha potenciais para cada função e examinam-se as causas e consequências, especialmente as que impactam a segurança e qualidade.

5. Análise de Risco: avalia-se cada modo de falha em termos de severidade, ocorrência e detecção, resultando em um Número de Prioridade de Ação. Este número orienta as ações corretivas prioritárias;

6. Otimização: nesta fase, são planejadas e executadas ações corretivas e preventivas, visando reduzir ou eliminar os riscos identificados;

7. Documentação dos Resultados: a última etapa consiste na documentação completa de todo o processo FMEA, incluindo as falhas identificadas, as ações tomadas e o status de cada risco. A documentação serve como um registro para consultas futuras e garante a rastreabilidade de decisões e ações implementadas.

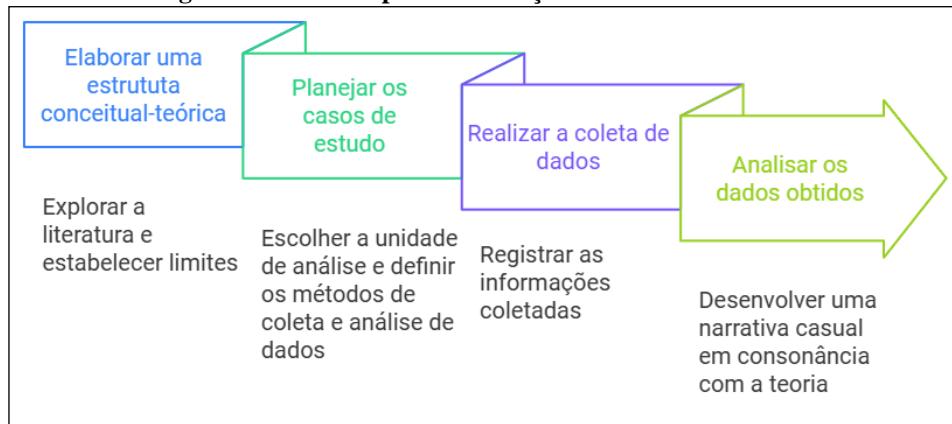
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A abordagem metodológica deste artigo é fundamentada em seu objetivo, caracterizando-se como uma pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa, operacionalizada pelo método de estudo de caso. Conforme Turrioni e Mello (2012), o objetivo da pesquisa descritiva é estabelecer e investigar as propriedades de um fenômeno, bem como identificar possíveis conexões entre variáveis, empregando métodos padronizados, como entrevistas e observações. A abordagem qualitativa, por sua vez, busca interpretar a dinâmica entre o mundo

real e o sujeito, permitindo a exploração de dimensões subjetivas que não podem ser representadas quantitativamente (Turrioni; Mello, 2012). O estudo de caso, segundo os mesmos autores caracteriza-se pelo exame aprofundado de um ou poucos objetos, proporcionando um entendimento detalhado e holístico do fenômeno estudado.

Neste contexto, para organizar os procedimentos e conduzir do estudo de caso, adotou-se a estrutura metodológica adaptada de Cauchick Miguel e Souza (2012), organizada em quatro etapas, conforme ilustrado na Figura 02.

Figura 02 - Método para a condução de um estudo de caso



Fonte: adaptado de Cauchick Miguel e Souza (2012).

Conforme a Figura 02, a primeira etapa consistiu no levantamento e análise da literatura por meio da revisão de artigos, livros e materiais técnicos relacionados ao FMEA e sua aplicação no setor automotivo. Essa etapa foi essencial para construir uma base teórica sólida e identificar os principais tópicos que orientariam o estudo, garantindo um entendimento claro e estruturado do tema.

A segunda etapa envolveu o planejamento dos estudos de caso e a definição do local de análise. A organização escolhida como objeto de estudo é uma multinacional francesa especializada na produção de peças automotivas de borracha. Fundada em 1853, a companhia expandiu suas atividades para países como Alemanha, Espanha e Itália, ampliando sua gama de produtos, incluindo materiais para pneus de bicicletas e carros, além de componentes para aeronaves. Atualmente, a empresa é líder mundial em tecnologias de vedação, gestão de fluidos e controle de vibração, atendendo a diversos segmentos industriais, com destaque para o automotivo. Nesta etapa, foi desenvolvido um roteiro de entrevistas semiestruturado, fundamentado na teoria e no objetivo da pesquisa. Vale ressaltar que o autor deste estudo atua como colaborador da organização analisada.

Na terceira etapa do estudo de caso, procedeu-se à coleta de dados. Para tanto, foram selecionados três colaboradores para participar das entrevistas: uma Analista de Qualidade, com 11 anos de experiência; um Supervisor de Produção, com 22 anos de experiência; e um Técnico de Qualidade, com 4 anos de experiência. Todos fazem parte da equipe multifuncional na implementação do FMEA. A coleta e o registro dos dados foram conduzidos presencialmente, com duração média de 25 minutos cada. Todo o conteúdo foi inicialmente manuscrito e, em seguida, digitalizado, assegurando maior precisão na transcrição das informações.

Por fim, na quarta e última etapa, realizou-se a análise dos dados coletados com base nas entrevistas realizadas. Esse processo buscou confrontar as respostas obtidas com a teoria existente na área, permitindo uma avaliação crítica e aprofundada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do FMEA em uma multinacional do setor de componentes automotivos apresenta vantagens significativas e desafios operacionais, conforme identificado por meio das entrevistas semiestruturadas com especialistas em qualidade e produção. Os resultados deste estudo corroboram a literatura existente, destacando a importância do FMEA AIAG/VDA na prevenção de falhas, redução de custos e aprimoramento da qualidade dos processos produtivos.

Segundo a Analista de Qualidade, a implementação do FMEA AIAG/VDA proporcionou um aumento na confiabilidade dos produtos, permitindo uma abordagem preventiva na detecção de falhas antes que alcancem o consumidor final. Esse ponto é reforçado pelo Supervisor de Produção, que observa uma redução significativa de retrabalhos e desperdícios na linha de montagem, uma vez que as possíveis falhas passaram a ser identificadas antes do início da produção em larga escala. Além disso, o Técnico de Qualidade destaca que a utilização do FMEA AIAG/VDA possibilitou um controle mais eficiente dos riscos associados a *recalls*, evitando prejuízos financeiros e fortalecendo a imagem da empresa no mercado automotivo.

Outro benefício enfatizado pelos entrevistados foi o impacto positivo do FMEA AIAG/VDA na otimização dos processos de produção. Segundo a Analista de Qualidade, a sistematização da metodologia levou a uma maior integração entre as equipes, garantindo que decisões relacionadas à fabricação fossem baseadas em dados concretos e avaliações de risco detalhadas. O Supervisor de Produção complementa, ressaltando que os ajustes nos parâmetros de manufatura com base nas análises do FMEA AIAG/VDA resultaram em processos mais previsíveis e eficientes, minimizando as variações indesejadas na produção.

Uma aplicação bem-sucedida do FMEA AIAG/VDA dentro da empresa foi relatada pelo Supervisor de Produção, envolvendo a fabricação de um componente automotivo considerado como crítico. Durante a análise, a equipe identificou um modo de falha potencial relacionado a uma vedação inadequada, que poderia resultar na entrada de umidade no componente, comprometendo seu funcionamento e levando a possíveis falhas. Com base na metodologia do FMEA AIAG/VDA, foi calculado um Índice de Prioridade de Risco (IPR) elevado, indicando a necessidade de ação imediata. Como medida preventiva, a empresa implementou uma nova etapa de testes herméticos na linha de produção e aprimorou o *design* da vedação do componente, eliminando a possibilidade de falha. De acordo com o Técnico de Qualidade, “*essa ação eliminou um risco crítico de defeito, evitando potenciais recalls e melhorando a confiabilidade do produto entregue*”.

Embora os benefícios sejam evidentes, a pesquisa também identificou desafios na implementação eficaz do FMEA AIAG/VDA. Um dos principais obstáculos apontados pelos entrevistados foi a resistência das equipes operacionais à adoção da metodologia. Conforme relata o Supervisor de Produção, “*...há uma percepção inicial de que o FMEA AIAG/VDA adiciona uma carga burocrática ao trabalho diário, o que pode dificultar sua aceitação*”. No entanto, ele enfatiza que a incorporação da metodologia nos processos produtivos requer uma mudança de mentalidade, em que a prevenção de falhas se torne prioridade, substituindo a cultura de correção de problemas após sua ocorrência.

Além disso, o estudo revelou que a capacitação contínua dos colaboradores é essencial para garantir a efetividade do FMEA AIAG/VDA. A Analista de Qualidade alerta que “*a falta de treinamentos específicos pode comprometer a precisão das análises de risco, tornando a aplicação do método inconsistente*”. Segundo ele, funcionários que não compreendem completamente a metodologia podem subestimar ou superestimar os riscos, afetando a confiabilidade do processo de avaliação. Outro aspecto relevante, apontado pelo Supervisor de Produção, é a necessidade de uma documentação detalhada para garantir a rastreabilidade das decisões tomadas dentro do FMEA AIAG/VDA. Embora seja essencial para a melhoria contínua, ele ressalta que o volume de informações gerado pode se tornar um entrave na análise ágil dos dados, exigindo o suporte de ferramentas tecnológicas para facilitar o acesso e a interpretação das informações registradas.

A eficácia da comunicação entre os setores também foi um fator amplamente discutido pelos entrevistados. Conforme destaca a Analista de Qualidade, a implementação de sistemas integrados e a utilização de ferramentas digitais auxiliam na troca de informações entre

diferentes departamentos, acelerando a tomada de decisões e reduzindo falhas decorrentes de erros na comunicação.

Diante dos resultados obtidos, é possível afirmar que o FMEA AIAG/VDA desempenha um papel estratégico na melhoria da qualidade e na prevenção de defeitos na indústria automotiva. No entanto, sua efetividade está diretamente ligada à cultura organizacional, à capacitação das equipes e à integração da metodologia com soluções tecnológicas. Os desafios operacionais, especialmente a resistência à mudança e a complexidade documental, demonstram a necessidade de investimentos contínuos em treinamento e tecnologia, assegurando que a empresa maximize os benefícios da metodologia e torne seus processos mais seguros e eficientes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa descritiva com metodologia qualitativa e fundamentada em estudo de caso permitiu uma avaliação dos benefícios e obstáculos da aplicação do FMEA AIAG/VDA numa multinacional do ramo automobilístico. Esta pesquisa destacara a relevância desta abordagem para a prevenção de falhas e redução de riscos, enfatizando a importância de sua implementação na administração da produção. Portanto, considera-se que o objetivo estabelecido pelo estudo foi alcançado.

A implementação do FMEA AIAG/VDA revelou efeitos positivos notáveis na confiabilidade dos produtos, na diminuição de retrabalhos e desperdícios, além de melhorar os processos de produção. Ademais, a análise de falhas auxiliou na tomada de decisões mais estruturadas e assertivas, indicando uma integração mais efetiva entre as equipes envolvidas no processo de produção. No entanto, encontraram-se obstáculos na aplicação da metodologia, tais como a resistência das equipes em aderir ao FMEA AIAG/VDA e a exigência de formação contínua dos funcionários.

Outro ponto importante discutido foi a complexidade documental do FMEA AIAG/VDA, que pode representar um obstáculo na análise rápida dos dados. Para minimizar esse problema, recomenda-se a implementação de soluções tecnológicas que simplifiquem a rastreabilidade e o acesso às informações, assegurando a efetividade do procedimento. Ademais, aprimorar a comunicação entre os departamentos da empresa foi ressaltada como um elemento crucial para o sucesso na aplicação da metodologia.

Por fim, uma limitação desta pesquisa é sua realização em apenas uma empresa, por isso, sugere-se a execução de pesquisas futuras que analisem a aplicabilidade do FMEA AIAG/VDA em outras empresas do mesmo e ou diferentes ramos de atividades.

REFERÊNCIAS

ANETTE, V.A.; LARS, P.; NICHOLAS, F. Sustainability Failure Mode and Effects Analysis – A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 363, 2022.

BERTSCHE, B. **Reliability in Automotive and Mechanical Engineering**. 1. ed. Heidelberg: Springer Berlin, 2008. 500 p.

CÂNDEA, G.; KIFOR, S.; CONSTANTINESCU, C. Usage of Case-Based Reasoning in FMEA-Driven Software. **Procedia CIRP**, v.25, p. 93-99, 2014.

CAUCHICK MIGUEL, P. A.; SOUSA, R. O método do Estudo de caso na Engenharia de Produção. In CAUCHICK MIGUEL, P. A. (Org.) **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, cap.6, p.130-148.

GUEORGUIEV, T.; KOKALAROV, M.; SAKAKUSHEV, B. Recent Trends in FMEA Methodology. **International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE)**, v.1, p. 1-4, 2020.

IBARRA, L.A.C.; CARVALHO, E.F.U.; DURAZZO, M. **Overcoming FMEA shortcomings: Proposal of an adapted risk analysis matrix**. Engineering Failure Analysis, 2024.

KÖK, N.; YILDIZ, M.S. New generation FMEA method in automotive industry: an implementation. **Dergi Park Akademik**, v. 7, n.1, p. 1630 - 1643, 2023.

LIU, H. **FMEA Using Uncertainty Theories and MCDM Methods**. 1. ed. Singapore: Springer Nature, 2016. 219 p.

MCDERMOTT, R.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R. **The Basics of FMEA**. 2. ed. Productivity Press, 2017.

MZOUGUI, I.; FELSOUFI, Z.E. Proposition of a Modified FMEA to Improve Reliability of Product. **Procedia CIRP**, v. 84, p. 1003-1009, 2019.

RAMERE, M.D.; LASEINDE, O.T. Optimization of condition-based maintenance strategy prediction for aging automotive industrial equipment using FMEA. **Procedia Computer Science**, v.180, p. 229-238, 2021.

TURRIONI, J.B.; MELLO, C.H. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Itajubá: Unifei, 2012.

WU, Y.; LIU, P.; LI, Y. An integrated QFD and FMEA method under the co-opetitional relationship for product upgrading. **Information Sciences**, v. 667, 2024.