

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (FMEA) NA REDUÇÃO DE FALHAS EM VÁLVULAS HIDRÁULICAS DE PVC

Rogério de Moraes Botelho

CGPEP - Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do CEETEPS

rogerio.botelho@cpspos.sp.gov.br

Gabriel Paulino Santos de Andrade

CGPEP - Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do CEETEPS

gabrielpsa22@hotmail.com

Maiky Kawan Cardoso de Almeida

Faculdade de Tecnologia de São Paulo

maikykawan26@gmail.com

Waldir Amaral

Faculdade de Tecnologia de São Paulo

waldiramrl@gmail.com

Eliacy Cavalcanti Lélis

CGPEP - Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do CEETEPS e Fatec São Paulo

eliacy.lelis@cps.sp.gov.br

Resumo

A competitividade global entre as organizações industriais e de serviços tem crescido continuamente, e atingiu o seu maior patamar nas últimas duas décadas, onde a necessidade de otimização dos processos envolvidos nestes setores, tornou-se mais evidente para a manutenção da lucratividade destes negócios. A ferramenta é denominada pela sigla FMEA (Análise do Modo e do Efeito da Falha), que visa investigar, detectar, e propor soluções para falhas potenciais que são inerentes, e persistentes aos processos. Este artigo visa realizar a aplicação da FMEA em processos de produção de registros hidráulicos de uma companhia fabricante na cidade de São Paulo. A metodologia de pesquisa abrange um levantamento bibliográfico e uma pesquisa de campo limitada a um estudo de caso.

Os resultados apontam que FMEA se consolida como um pilar para a excelência operacional, permitindo que as empresas não só atendam às expectativas de qualidade dos clientes, mas também otimizem seus processos, reduzam custos e fortaleçam sua posição competitiva no mercado. Conclui-se que a FMEA pode contribuir na proatividade na identificação e mitigação de riscos de falhas, aliada à valorização do conhecimento multidisciplinar para a construção de produtos mais confiáveis e processos mais eficientes.

Palavras-Chaves: FMEA; Falhas; Qualidade; Válvulas hidráulicas de PVC.

Abstract

Global competitiveness among industrial and service organizations has grown continuously, reaching its highest level in the last two decades, where the need to optimize the processes involved in these sectors has become more evident for maintaining the profitability of these businesses. The tool is known by the acronym FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), which aims to investigate, detect, and propose solutions for potential failures that are inherent and persistent in processes. This article aims to apply FMEA to the production processes of hydraulic valves in a manufacturing company in the city of São Paulo. The research methodology includes a literature review and field research limited to a case study. The results indicate that FMEA is consolidated as a pillar for operational excellence, allowing companies not only to meet customer quality expectations but also to optimize their processes, reduce costs, and strengthen their competitive position in the market. It is concluded that FMEA can contribute to proactively identifying and mitigating failure risks, combined with valuing multidisciplinary knowledge to build more reliable products and more efficient processes.

Keywords: FMEA; Failures; Quality; PVC hydraulic valves.

1. Introdução

A globalização tem ampliado a concorrência entre empresas de diversos setores, tanto no mercado interno quanto no externo. Diante desse contexto, preservar a competitividade deixou de ser uma dificuldade ocasional e passou a ser uma exigência constante. Embora as empresas continuem focadas em controlar custos e assegurar a qualidade, esses aspectos, por si só, já não são suficientes para distinguir uma organização no mercado. Embora a tecnologia e as técnicas de gestão estejam cada vez mais acessíveis, o que realmente distingue uma empresa é o profundo domínio do seu processo produtivo — é esse domínio que fundamenta sua reputação e conquista a confiança dos clientes.

A confiabilidade, como definem Juran e Gryna (1991, p.26), é uma dimensão da qualidade. Trata-se da probabilidade de um item cumprir a função para a qual foi projetado, em condições específicas, durante certo período, sem falhas. Outra área de conhecimento relacionada à FMEA é a gestão de riscos. Matos (2025) discorre sobre os diversos conceitos de gestão de riscos, onde a identificação e avaliação de riscos está presente, e nestes processos a FMEA é uma técnica que permite organizar as informações de forma didática e centralizada em um quadro ou planilha.

Para alcançar esse patamar de desempenho, tanto indústrias, quanto prestadores de serviços recorrem a ferramentas que permitem antecipar riscos e evitar falhas. Dentre essas ferramentas, destaca-se o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), método que será explorado ao longo deste estudo. Na prática, o FMEA é aplicado justamente quando há a necessidade de identificar previamente possíveis falhas e seus efeitos. Essa antecipação contribui para elevar os padrões de qualidade e reduzir custos ligados à “não-qualidade”. Mais do que mapear riscos, a metodologia exige propor ações concretas que evitem a ocorrência das falhas. Para que isso funcione, é essencial a participação de profissionais que conheçam em profundidade o processo, o produto e suas vulnerabilidades. Só assim é possível elaborar planos de ação consistentes. A questão que orienta esta pesquisa é: “Como reduzir falhas em uma válvula hidráulica injetada em PVC a partir da aplicação do FMEA?”.

Este artigo visa realizar a aplicação da FMEA em processos de produção de registros hidráulicos de uma companhia fabricante na cidade de São Paulo. A sua justificativa, se encontra pela escassez de pesquisas que aplicam o FMEA especificamente ao segmento de produtos para instalações hidráulicas, apesar de sua ampla utilização em setores como o automotivo. Dessa forma, a pesquisa pretende contribuir ao aprofundar as especificidades desse tipo de processo, evidenciando como a ferramenta pode ser um importante aliado na promoção da melhoria contínua nesse contexto.

2. Fundamentação Teórica

Palady (1997, p.5) explica que FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos) é uma técnica com três funções principais: antecipar problemas, apoiar o desenvolvimento de projetos, processos ou serviços — novos ou revisados — e servir como um “diário” do projeto, no qual se registram informações relevantes ao longo de sua vida útil. Para o autor, trata-se de uma ferramenta de baixo risco e alta eficiência, sobretudo quando aplicada à prevenção de falhas e à redução de custos. Como procedimento, o FMEA apresenta estrutura clara para avaliar, conduzir e atualizar projetos em diferentes áreas da organização, podendo ainda se integrar a outros documentos corporativos.

Albertin e Guertzenstein (2018, p.148) situam a origem do FMEA nos anos 1950, no contexto militar, e reforçam suas funções, distinguindo dois tipos principais: o DFMEA, voltado ao produto, e o PFMEA, direcionado ao processo. Segundo os autores, a ferramenta contribui para melhorar a qualidade, reduzir custos ligados à não-qualidade, atender e superar expectativas dos clientes e, ainda, consolidar o conhecimento adquirido durante o desenvolvimento (Lélis, 2012).

Albertin e Guertzenstein (2018, p.149) também definem falha como: a incapacidade de um componente em cumprir sua função conforme especificado, seja por inoperância direta ou por comprometer o desempenho do sistema. A definição reforça a importância da funcionalidade para clientes e fabricantes, deixando claro que qualquer desvio nesse aspecto caracteriza uma falha. Eles acrescentam ainda uma regra amplamente aceita na indústria: o custo de uma falha aumenta dez vezes quando identificada no desenvolvimento em comparação à fase inicial de

projeto; cem vezes quando detectada na fabricação; e mil vezes quando percebida pelo cliente. A recorrência de recalls na indústria automotiva ilustra bem essa lógica, evidenciando os prejuízos financeiros e de imagem associados a falhas tardias.

No estudo de Andrade e Lélis (2024), a análise da qualidade de entrega no comércio eletrônico de autopeças, evidencia a necessidade de identificar causas raízes de falhas logísticas e operacionais por meio de ferramentas de gestão, como o Diagrama de Ishikawa, e o 5W2H, com o intuito de promover a redução dos níveis de erros e atrasos. Este tipo de abordagem se assemelha à lógica do FMEA, que também busca compreender preventivamente as falhas potenciais nos processos permitindo a proposição de ações corretivas e preventivas que garantam maior eficiência e confiabilidade operacional.

Para compreender melhor o processo de coleta de dados, o preenchimento do FMEA e a análise dos riscos associados, é necessário retomar brevemente como se estrutura o documento padrão. A qualidade da análise e a eficácia dos planos de ação dependem diretamente da forma como essas informações são registradas, seja em projetos, processos produtivos ou mesmo em serviços.

O FMEA pode ser aplicado em diferentes modalidades, sendo duas as principais: o DFMEA e o PFMEA. Conforme apontam Albertin e Guertzenstein (2018), o DFMEA deve ser iniciado ainda na fase de projeto, antes ou durante a definição do conceito do produto, funcionando como um registro essencial para identificar e tratar falhas potenciais logo no início do desenvolvimento.

Em um exemplo de aplicação de processos de serviços, Baccaletti *et al.* (2021) utilizaram FMEA na logística reversa para descobrir as principais causas de devolução de produtos ao mercado em uma empresa de cosméticos. El-awady (2023) utilizou FMEA para avaliar riscos que podem afetar a segurança do paciente visando auxiliar na prevenção ou redução de erros médicos que causam danos. Essa versatilidade de aplicações mostra o potencial da FMEA em produtos, serviços e projetos, em análises que podem ser mais simples ou altamente complexas, dependendo do contexto e objeto em estudo.

Para que o uso do FMEA seja plenamente eficaz, desde a coleta de dados até a aplicação das ações corretivas e preventivas, é essencial a participação de uma equipe multidisciplinar. Como destacam Albertin e Guertzenstein (2018), essa diversidade de visões permite uma análise mais detalhada em cada etapa do projeto ou processo, ampliando a cobertura dos riscos potenciais ligados à concepção e à produção. Os autores também ressaltam a importância de manter o documento atualizado em todas as fases do desenvolvimento. A etapa referente ao DFMEA deve ser concluída com a liberação dos desenhos de ferramental, constituindo-se em uma valiosa fonte de lições aprendidas para futuros projetos.

Carpinetti (2019) apresenta uma escala de severidade que varia do nível mais crítico, classificado como “perigoso sem aviso prévio” (índice 10), até situações em que não há efeito relevante (índice 1). Essa gradação é útil como critério para avaliar riscos registrados e analisados no FMEA. Em nossa avaliação do registro de PVC, adotamos esse modelo de classificação, utilizando índices de 10 a 1. O mesmo autor também detalha uma escala para medir a ocorrência de falhas, relacionando-a à probabilidade de que um evento venha a acontecer. Os valores vão de 10, indicando probabilidade muito alta, até 1, quando a chance é considerada remota. Em alguns casos práticos, como em nossa aplicação, a escala foi ajustada: utilizou-se o índice 5 para caracterizar probabilidade muito alta e o índice 1 para probabilidade muito remota.

No que se refere à detecção, este índice representa a capacidade de identificar uma falha antes que o produto chegue ao cliente. A escala também varia de 1 a 10, sendo que valores próximos de 1 indicam grande probabilidade de detecção, enquanto valores próximos de 10 representam situações em que a falha dificilmente será percebida. Em algumas aplicações, essa escala pode ser simplificada para variações de 1 a 5, conforme a necessidade da organização.

De acordo com Albertin e Guertzenstein (2018), cada um desses três índices — severidade, ocorrência e detecção — deve ser avaliado numericamente, geralmente em uma escala de 1 a 10. O Número de Prioridade de Risco (NPR) é calculado a partir do produto desses três fatores, funcionando como guia para a definição das prioridades de ação. Os autores ressaltam que medidas preventivas devem ser aplicadas sempre que a severidade atingir níveis críticos, como o índice

8, ou ainda quando o risco ultrapassar valores de referência definidos pela empresa ou exigidos pelos clientes.

Para Pinho *et al.* (2008), a aplicação da FMEA ajuda na identificação e/ou antecipação de falhas na produção de um produto, possibilitando um maior controle e facilitando a solução de problemas. Banghart *et al.* (2018) observam em seu estudo empírico a subjetividade da avaliação de risco da FMEA em relação à classificação da gravidade ou severidade do risco no contexto da manutenção centrada na confiabilidade.

3. Metodologia

A metodologia proposta inclui a pesquisa analítica, qualitativa, com um levantamento bibliográfico sobre FMEA. Este estudo tem uma pesquisa de campo limitada a um estudo de caso em um fabricante de peças hidráulicas e elétricas de São Paulo.

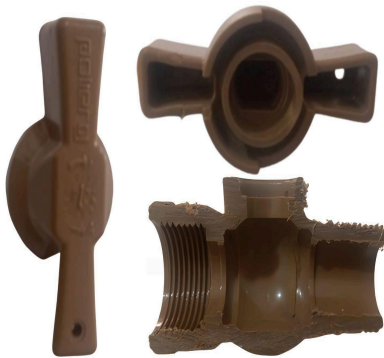
Na coleta de dados foi realizada uma visita ao processo produtivo em foco, com uma entrevista junto ao operador de um equipamento, um responsável da equipe de projetos e da manutenção, com reuniões com a equipe multidisciplinar, para a identificação dos modos de falha, e posteriormente a determinação da classificação dos índices de severidade, ocorrência e detecção, bem como os planos de ação que deverão mitigar os modos de falhas identificados. Houve a pesquisa documental dos registros da produção para determinar as informações necessárias para a FMEA.

4. Aplicação da Fmea

A aplicação da FMEA é em uma indústria de peças para instalações hidráulicas, localizada em São Paulo e fundada em 1980. A empresa iniciou sua trajetória produzindo tubulações e conexões de polietileno para instalações elétricas, mas, já em 1982, expandiu sua atuação para o segmento hidráulico e de saneamento. Desde então, consolidou-se como fornecedora relevante para companhias públicas e privadas de saneamento em todo o país.

O produto estudado é uma válvula hidráulica, com corpo e manopla moldados por injeção em PVC, e posterior montagem, e nesta etapa são introduzidos um anel de borracha nitrílica. De toda a linha de produtos da empresa pesquisada, escolheu-se como objeto de estudo, para acompanhar a aplicação da ferramenta FMEA, o registro de PVC como verificado na Figura 1. A escolha foi realizada devido a alguns fatores: é o produto de maior entrada nas linhas de produção, portanto é um produto de maior volume em vendas; e tem etapas de processo de produção bem distribuídas.

Figura 1 - Manopla, (vistas inferior e superior), e Corpo Externo do Registro de PVC (Vista Inferior)



Fonte: Autores (2024)

Para conduzir o processo de aplicação da FMEA, foi formada uma equipe multidisciplinar composta por oito colaboradores da empresa: dois da qualidade (um supervisor e um técnico), dois da manutenção (mecânicos), um engenheiro de projetos e três da área de processos (supervisor, técnico e operador de injeção). Todos possuíam mais de dez anos de experiência, além de vivência em casos de não conformidade e aplicação de planos de ação corretiva e preventiva pelo método 5W2H, o que contribuiu para enriquecer as discussões.

As reuniões ocorreram em oito encontros de cerca de duas horas em 2024. Em cada sessão ocorriam três etapas: introdução, para alinhar pautas e expectativas; desenvolvimento, no qual os participantes discutiam hipóteses de falha e soluções em termos de causa e efeito; e conclusão, onde os resultados eram organizados no

modelo FMEA. As hipóteses confirmadas em processo eram registradas como válidas; as rejeitadas eram revistas nos encontros seguintes, até a consolidação do formulário, contendo funções, modos de falha, índices de risco e planos de ação com prazos e responsáveis.

No caso específico da válvula hidráulica de PVC, a equipe delimitou quatro componentes principais para análise: o corpo do registro injetado, a manopla, a esfera em poliacetal (Figura 2) e o anel de retenção em elastômero termoplástico (TPE). Duas funções básicas foram priorizadas: (i) o controle do fluxo do fluido, por meio da rotação de 90° da manopla, permitindo abertura e fechamento precisos; e (ii) a confiabilidade da vedação, assegurada pela interação entre esfera e anel, evitando desperdícios e vazamentos.

Figura 2 - Esfera Injetada em Poliacetal (Vistas Frontal e Lateral).



Fonte: Autores (2024)

Para essas funções, os modos de falha mais críticos identificados foram: uso de material incorreto, falhas de injeção e quebra da manopla no controle de fluxo (Figura 1); e ausência ou desencaixe do anel (Figura 3), falha de injeção do corpo (figura 1), desvio de atuação da esfera e quebra da manopla na vedação (Figuras 1 e 2).

Figura 3 - Anel de Retenção em Elastômero Termoplástico (TPE)



Fonte: Autores (2024)

Cabe mencionar a importância da experiência prática dos especialistas envolvidos. A combinação de diferentes perspectivas enriqueceu a análise e trouxe à tona causas-raiz e falhas que dificilmente seriam percebidas por um único profissional. Essa troca consolidou o caráter colaborativo do método e mostrou como o FMEA pode fortalecer a cultura de qualidade dentro da empresa.

A aplicação da FMEA exige grande esforço de coleta de informações e depende do comprometimento organizacional. Barreiras culturais e a segmentação entre departamentos dificultaram o acesso a dados relevantes. Ainda assim, a sensibilização das equipes e a valorização da experiência acumulada foram fatores decisivos para superar essas dificuldades.

Nesta pesquisa, a aplicação do FMEA, aliado ao conhecimento de uma equipe multidisciplinar formada por profissionais de manutenção, operação, engenharia e qualidade, permitiu identificar os problemas potenciais da válvula hidráulica em PVC.

No caso estudado, as informações do FMEA foram sistematizadas a partir das funções e requisitos do produto, modos de falha, gradação dos riscos e cálculo dos índices de gravidade (G), ocorrência (O) e detecção (D), conforme apresentado nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 - FMEA produto (até o índice de riscos) Corpo, Manopla, Esfera, e Anel retentor (adaptado)

Função e requisitos do processo ou equipamento	Modo de falha potencial	Efeito potencial de falha	Causa/Mecanismo Potencial de falha	Gravidade (G)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	Índice de Risco (R)
(i) controle de fluxo do fluido (ii) estanqueidade Injeção	material incorreto	pega fora de especificação	separação do material incorreto	8	2	2	32
	falha de injeção	pega incompleta e perda das funções (i) e (ii)	falta de pressão de injeção ou recalque	7	5	4	140
	falta ou desalinhamento dos anéis de estanqueidade	pega incompleta e perda das funções (i) e (ii)	vazamento, não vedação da esfera	9	2	1	18
	desvio de atuação da esfera	vazamento	desvio da esfera	8	3	6	144
	falta do anel o ring	vazamento	esquecimento do operador de montagem	8	2	1	16
Montagem	quebra da manopla	perda função (controle do fluxo ou estanqueidade)	material fora das especificações	2	1	1	2

Fonte: Autores (2024)

As funções críticas do produto foram analisadas e resultaram na identificação de dois modos de falha principais: vazamento de água e emperramento da válvula. Essas falhas foram registradas e detalhadas no formulário FMEA, que reuniu as funções, os modos de falha, suas causas e as ações de melhoria para mitigar os riscos destas falhas.

O Quadro 2 apresenta detalhamento das informações da FMEA.

Quadro 2 - FMEA do produto Corpo, Manopla, Esfera, e Anel retentor (adaptado)

Índice de Risco (R)	Modo de Controle	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Resultado das ações				
				Ações tomadas	Índices previstos			
					G	O	D	NPR
32	Ineficiente	etiquetas de identificação maiores	Supervisor de Produção 15 dias	Implementação de etiquetas com código de cores / Treinamento de equipe sobre identificação de materiais / Treinamento de equipe sobre identificação de materiais / Criação de checklist de verificação pré-produção /	8	1	1	8
140	Ineficiente	certificar parâmetros de injeção mediante folha de processo / Seguir folha de processo (Operador de linha de injeção)	Técnico de Processo / Mecânico 10 dias	Ajuste dos parâmetros de injeção / Registro destes parâmetros na folha de processo / set ups acompanhados por processo e manutenção.	7	1	1	7
18	Ineficiente	Inspeção visual obrigatória pré-montagem / Padronização do procedimento de encaixe /	Técnico de Processo / Mecânico 10 dias	Revisão e atualização da folha de processo / Calibração dos equipamentos de medição de pressão / Treinamento operacional específico	9	1	1	9
144	Ineficiente	inspeção do deslocamento da esfera	Técnico da Qualidade / Técnico de Processos 5 dias	Inspeção visual obrigatória pré-montagem / Revisão da Folha de Processos / Padronização do procedimento de encaixe /	9	2	1	18
16	Ineficiente	inspeção visual na montagem / medições realizadas e registradas para monitoramento.	Técnico da Qualidade / Operador de Montagem 3 dias	Procedimento de inspeção dimensional / Calibração periódica dos instrumentos / Registro de medições em planilha de controle	8	1	1	8
2	Ineficiente	inspeção no processo de injeção da manopla	Técnico da Qualidade / Operador de Linha 7 dias	Verificação de quantidade de material reciclado / identificação de material reciclado / CEP rigoroso	2	1	1	2

Fonte: Autores (2024)

A FMEA no processo produtivo das válvulas hidráulicas de PVC mostrou-se eficaz para ajudar a reduzir falhas, priorizar ações e promover melhorias contínuas. Mais do que uma técnica de análise, a ferramenta se revelou um instrumento estratégico para fortalecer a confiabilidade do produto e a eficiência dos processos, ao mesmo tempo em que contribui para consolidar a competitividade da empresa no mercado.

5. Considerações Finais

O presente estudo, focado na aplicação da Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) em um processo produtivo de válvulas hidráulicas injetadas em PVC, discutiu a relevância e a eficácia dessa ferramenta na identificação, avaliação e mitigação de falhas potenciais. A questão de pesquisa central, “Como reduzir falhas em uma válvula hidráulica injetada em PVC a partir da aplicação do FMEA?”, foi respondida com os resultados que corroboram com a literatura existente e fornecem *insights* práticos sobre a implementação do FMEA em um contexto industrial

específico. Um dos achados mais significativos deste trabalho reside na capacidade do FMEA de atuar como um mecanismo proativo na gestão da qualidade e gestão de riscos. Ao invés de reagir a falhas após sua ocorrência, a metodologia permite antecipar problemas, classificá-los por gravidade, ocorrência e detecção, e, conseqüentemente, priorizar as ações preventivas. Essa abordagem é crucial em ambientes de produção de alto volume, como o da empresa estudada, onde a detecção tardia de uma falha pode acarretar custos exponenciais. A aplicação do FMEA, portanto, não é apenas uma medida de controle de qualidade, mas uma estratégia de otimização de recursos e mitigação de riscos.

A formação de uma equipe multidisciplinar, composta por profissionais de manutenção, operação, engenharia e qualidade, revelou-se um pilar fundamental para o sucesso da aplicação do FMEA. A riqueza de perspectivas e o conhecimento vivencial de cada membro foram essenciais para a determinação precisa dos modos de falha mais críticos, como o vazamento de água e o emperramento da válvula, identificados como as principais disfunções do produto. Essa colaboração interdepartamental permitiu a construção de um formulário FMEA robusto, que não apenas registrou as funções do produto e seus modos de falha, mas também delineou as ações corretivas e preventivas necessárias. A experiência prática da equipe, aliada aos conceitos teóricos do FMEA, demonstrou ser um diferencial na efetividade da ferramenta.

Além da identificação e priorização de falhas, o FMEA se mostrou valioso na revelação de vulnerabilidades inerentes ao processo produtivo que, de outra forma, poderiam permanecer ocultas até sua manifestação concreta. A capacidade de desvendar essas fragilidades de forma preventiva permite que as equipes atuem antes que os problemas se instalem, gerando economia de tempo e recursos. A análise detalhada de componentes como o corpo do registro, a manopla, a esfera de poliacetal e o anel de retenção, e a identificação de modos de falha específicos para cada um, como o bloqueio incompleto do fluxo ou a degradação da esfera, exemplificam a profundidade da análise que o FMEA possibilita. A priorização baseada no Número de Prioridade de Risco (NPR) direciona os esforços para os pontos de maior impacto, garantindo que os recursos limitados sejam aplicados de forma estratégica.

No entanto, a pesquisa também evidenciou os limites e desafios da implementação do FMEA. A ferramenta, embora uma ferramenta robusta, esta exige um esforço considerável e um compromisso organizacional para o levantamento de informações detalhadas. A setorização dos departamentos e as barreiras culturais podem dificultar o compartilhamento de dados cruciais, o que, se não superado, pode comprometer a eficácia da aplicação do FMEA. A sensibilização dos colaboradores e a construção de um relacionamento de confiança entre as equipes são, portanto, aspectos de capital importância. A experiência no estudo de caso demonstrou que, apesar das dificuldades iniciais no acesso a informações devido a questões culturais e de confiabilidade, a persistência e a valorização do know-how dos especialistas foram determinantes para o alcance dos objetivos da pesquisa.

Em suma, a aplicação do FMEA no processo de fabricação de válvulas hidráulicas de PVC não apenas respondeu à questão de pesquisa, contribuindo para a capacidade de reduzir falhas, mas também reforçou a importância de uma abordagem sistemática e colaborativa para a gestão da qualidade.

FMEA pode contribuir na busca pela excelência operacional, permitindo que as empresas não só atendam às expectativas de qualidade dos clientes, mas também otimizem seus processos, reduzam custos e fortaleçam sua posição competitiva no mercado. A proatividade na identificação e mitigação de riscos, aliada à valorização do conhecimento multidisciplinar, são os pilares para a construção de produtos mais confiáveis e processos mais eficientes.

Este estudo contribui ao fornecer um exemplo prático da aplicação do FMEA em um segmento industrial específico, destacando tanto seus benefícios quanto os desafios inerentes à sua implementação, e reforçando a necessidade de um engajamento organizacional contínuo para o sucesso de iniciativas de melhoria da qualidade.

A principal limitação desta pesquisa é ser um estudo de caso, cujos resultados não podem ser generalizados, pois são válidos apenas para o contexto analisado.

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação da FMEA para outros produtos da empresa e as possibilidades de vinculação deste método a outras ferramentas da qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTIN, M.; GUERTZENSTEIN, V.. **Planejamento avançado da qualidade:** sistemas de gestão, técnicas e ferramentas. Rio de Janeiro: Editora Alta books, 2018.

ANDRADE, G. S. e LÉLIS, E. C.. Qualidade de entrega no comércio eletrônico do Mercado Livre: estudo na logística de entrega de uma empresa do setor de autopeças. **REFAS: Revista FATEC Zona Sul**, São Paulo, v.11, n. 1 , p. 6, 2024. DOI: 10.26853/Refas_ISSN-2359-182X_v11n01_05.

*BANGHART, M., BABSKI-REEVES, K., BIAN, L., STRAWDERMAN, L.. Subjectivity in Failure Mode Effects Analysis (FMEA) Severity Classification within a Reliability Centered Maintenance (RCM) Context. **International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace**,5(1).DOI <https://doi.org/10.15394/ijaaa.2018>.*

BOCCALETTI, BC, MELLO, LB de B., BASTOS, I.P.. Principais causas e desafios para redução de devoluções de produtos: aplicação do FMEA em um estudo de caso.**Gestão & Produção**, 28(2). DOI <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2020v28e5115>, 2021.

CARPINETTI, L. C. R.. **Gestão da qualidade:** conceitos e técnicas. 3a. ed.. São Paulo: Atlas 2019.

EL-AWADY, S.M.M.. Overview of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Patient Safety Tool. **Glob J Qual Saf Healthc**. 23;6(1):24-26. doi: 10.36401/JQSH-23-X2. PMID: 37260856; PMCID: PMC10229026, 2023.

JURAN, J.M. & GRYNA, F.M. **Controle da qualidade:** ciclo dos produtos: do projeto à produção. 4 a . ed., São Paulo, Makron/Mc Graw – Hill, 1991, v.3 397p.

LÉLIS, E. C. **Gestão da qualidade**. São Paulo: Pearson, 2012.

MATOS, M.L..O impacto das capacidades dinâmicas na gestão de riscos: uma análise empírica no agronegócio. **South American Development Society Journal**, v. 11, n. 33, 2025, p.27-51.

PALADY, P.. **FMEA**: análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. São Paulo: Instituto IMAM, 1997.

PINHO, L. A.; GOMES, S. M. S.; PINHO, W. A.; AZEVEDO, T. C.. FMEA: Análise do efeito e modo de falha em serviços: uma metodologia de prevenção e melhoria dos serviços contábeis. **ABCustos**, v. 3. n.1, p 01-24, 2008.