

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA PARA ANALISAR FALHAS EM CILINDROS HIDRÁULICOS

Cristyan Machado Bull de Araújo¹
João Vitor de Almeida Vieira¹
Vinícius de Oliveira Barbosa²
Vitor Iotte Medeiros³
Aldo Falconi Filho⁴

vitor_iotte@hotmail.com

ÁREA DE CONHECIMENTO: Engenharias

RESUMO

A ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* - Análises de Modos de Falhas e Efeitos) é utilizada para analisar a causa e efeito de falhas de um sistema ou equipamento. Nesta pesquisa foram discutidos os potenciais de falhas e as possíveis soluções para diminuir os problemas apresentados em um cilindro hidráulico. Buscando aumentar a vida útil do equipamento. Além disso, foram relatados os principais componentes de um cilindro hidráulico, os fluídos contaminados e manutenções do equipamento. Para alcançar os resultados esperados executou-se uma estratégia de pesquisa e procedimentos metodológicos divididos em cinco etapas. O presente estudo analisou um cilindro hidráulico, a qual realizou a desmontagem para inspecionar as peças do mesmo, que apresentava vazamentos e perda de eficiência. Diante disso, foi elaborado o FMEA, apontando as principais causas dos problemas com índices de severidade, ocorrência e detecção, avaliando os riscos e sugerindo métodos de controle para diminuir as causas e ter uma vida útil prolongada do equipamento. Além disso, foram apresentadas as possíveis soluções analisando os fluídos hidráulicos em laboratórios, treinamentos operacionais, manutenções preventivas dos filtros e óleos, inspeções e escolha correta e de boa qualidade das vedações. Por isso é de extrema importância manter o planejamento das manutenções para prolongar a vida útil de todo o sistema.

PALAVRA-CHAVE: FMEA; análise de falhas; cilindros hidráulicos; manutenção.

¹ Acadêmico do 9º Período do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Vértix Trirriense – Univértix.

² Formação do professor

³ Licenciado em Química – UFJF, Mestre em Educação Química – UFJF, Professor da Faculdade Vértice Trirriense – UNIVÉRTIX TR

⁴ Graduado em Engenharia Mecânica – UCP, Mestre em Termociências PUC-RJ, Professor da Faculdade Vértice Trirriense – UNIVÉRTIX TR.

INTRODUÇÃO

No ramo da mecânica existem diversos problemas relacionados a equipamentos industriais. Baseado nisso, a ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* - Análises de Modos de Falhas e Efeitos) será implementada para analisar as falhas de cilindros hidráulicos.

A Ferramenta FMEA tem o objetivo de identificar e eliminar falhas presentes em algum tipo de equipamento ou sistema. Através do mesmo, foram baseados três fatores importantes (ocorrência, detecção e severidade) (STAMATIS, 2003).

O principal objetivo da utilização da ferramenta FMEA em um cilindro hidráulico é identificar possíveis falhas, relatando e buscando soluções para a mesma, com intenção de promover maior otimização na execução da manutenção (MARIANA ALMEIDA, 2013). As falhas de cilindros hidráulicos ocorrem frequentemente por vários motivos. Os principais fatores são: a contaminação do óleo hidráulico utilizado no sistema e desgastes em vedações que se degradam devido a movimentação gerada dos componentes internos. Caso ocorram falhas em uma dessas funções, irá ocorrer perda de eficiência (PARKER, 2006).

Nesta pesquisa será discutido os potenciais de falhas importantes dos cilindros, como os materiais utilizados na fabricação, que devem ser escolhidos de acordo com sua aplicação. De acordo com o que foi citado, a questão norteadora é: Como aumentar a vida útil dos componentes de um cilindro hidráulico, de forma para diminuir as falhas?

A hipótese a ser verificada neste estudo é analisar e indicar possíveis falhas na utilização de cilindros hidráulicos. Através de planos de manutenções preventivas e preditivas, será possível melhorar a confiabilidade e eficiência dos sistemas de funcionamento.

Os cilindros devem ter boas manutenções para exercer sua função, a qual é transformar energia hidráulica em energia mecânica levando um maquinário a realizar um determinado trabalho mecânico (RANIE, 2009).

Desta forma, objetivou-se neste trabalho analisar as falhas presentes em cilindros hidráulicos aplicando a ferramenta FMEA a apresentando as possíveis soluções. Visando estabelecer a importância em realizar as manutenções corretamente amenizando o risco de quebras dos componentes envolvidos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

FERRAMENTA FMEA

A ferramenta FMEA é utilizada na engenharia com a intenção de encontrar e eliminar falhas de um equipamento, máquina, sistema ou serviço, antes de ser comercializado (LEAL, 2006).

O FMEA pode ser aplicado em sistema, produto e processo. Nesse trabalho, o FMEA aplicado será o de sistema, para identificar os modos de falhas potenciais, causados por deficiências do sistema, ou das funções do sistema (STAMATIS, 2003).

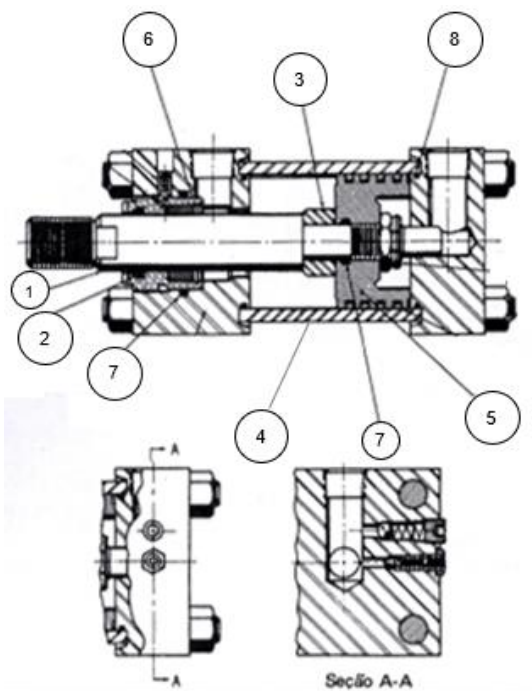
Segundo LEAL (2006), o FMEA segue três índices de risco para definir a prioridade de falha. Esses índices são classificados em ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D).

CILINDRO HIDRÁULICO

Os cilindros hidráulicos, segundo Teixeira (2015) são atuadores que recebem fluídos de óleo hidráulico pressurizado. Os atuadores geralmente são compostos com um pistão interno. Este, ao sofrer acionamento pelo óleo movimenta-se em dois sentidos, sendo direcionado de acordo com a entrada e a saída do óleo (MARLLON ANANIAS, 2021).

Existem diversos tipos de cilindros hidráulicos, os mais comuns são os assimétricos de simples ação. Os atuadores são compostos por uma camisa, um êmbolo móvel e uma haste ligada ao mesmo (LOCH *et al*, 2017). De acordo com a figura 2, segue o modelo de um cilindro hidráulico não rotativo.

Figura 1: Cilindro Hidráulico para serviço pesado.



Fonte: Stewart (1995, p. 296) – Adaptado.

A figura 1 se trata de um cilindro hidráulico de alta pressão não rotativo. Para entender melhor o seu funcionamento, é necessário saber o nome das peças e suas funções. As peças mais importantes são:

1. Hastes do pistão: transmitem movimentos do êmbolo, podendo ser única ou independente fixada ao mesmo (STEWART, 1995).

2. Limpador de haste: utilizado para limpeza da haste quando é recolhida no cilindro. Todo tipo de impureza presente deve ser retirado antes do recuo da haste, conforme relatado por Stewart (1995).

3. Tampas do cilindro: as funções das tampas são vedar as extremidades da camisa do cilindro, mantendo o óleo no interior do corpo resistindo a pressão interna (TEIXEIRA, 2015).

4. Camisa do cilindro: promove o movimento axial do pistão e também dos anéis, oferecendo mais precisão durante a operação. São fabricados com

acabamento interior polido através de brunimento. Garantindo movimentos suaves da haste, evitando desgastes antecipado dos componentes (LINSINGEN, 2013).

5. Pistão: fica localizado na parte interna da camisa do cilindro. Sua principal função é transformar a pressão gerada pela bomba hidráulica em movimento linear. Neste componente, as fitas guias ajudam a vedar passagens de óleo de um lado para outro (TEIXEIRA, 2015).

6. Mancal da haste do pistão: o mancal protege a vedação do pistão além de atuar como apoio e guia para a haste (STEWART, 1995).

7. Vedações: impede vazamentos ao redor da haste do cilindro. O mesmo suporta altas temperaturas, altas pressões mantendo o bom funcionamento do equipamento (TEIXEIRA, 2015). Existem diversos modelos de vedações com diferentes tipos de materiais, como borracha sintética, teflon e náilon são os mais utilizados (STEWART, 1995).

8. Gaxetas de tampa: A função é proteger a tampa e o tubo do cilindro. Conforme afirmado por STEWART (1995), os reparos com o anel tipo “O” torna-se mais firme devido ao aumento pressão no sistema de trabalho.

Os principais componentes dos cilindros hidráulicos foram citados. Geralmente são similares ou até mesmo iguais, porém podem variar de acordo com o fabricante.

FLUÍDOS HIDRÁULICOS

O fluido hidráulico é responsável por transferir energia gerada da bomba até o cilindro. Além disso é responsável pela lubrificação interna da bomba e do cilindro hidráulico que propulsiona suavidade do movimento das superfícies internas do cilindro hidráulico (BROLESI, 2012).

Os fluídos hidráulicos podem conter óleo mineral, sintéticos, água e misturas baseadas em soluções de líquidos que não se misturam. Este é independente de sua composição e propriedades químicas em várias temperaturas de trabalho (BROLESI, 2012).

A escolha do óleo hidráulico é de extrema importância para que o equipamento

tenha um funcionamento ideal. Segundo Valerio (2003) se o óleo circula facilmente, possui baixa viscosidade, ou seja, tem pouca consistência. Diferentemente do óleo que circula com dificuldade, ele possui alta viscosidade, tem muita consistência.

Segundo Silva (1992, *apud* BROLESI, 2012) mais de 75% das quebras em sistemas hidráulicos acontecem por conta do óleo contaminado.

A contaminação encontrada em sistema hidráulico é proveniente de sujeiras, respingos de solda, pedaços de borrachas das vedações e mangueiras hidráulica, limalhas provenientes da usinagem dos componentes de atuação (LANSDOWN, 2004 *apud* BROLESI, 2012).

FALHAS EM VEDAÇÕES

As vedações são componentes de muita importância no funcionamento dos cilindros hidráulicos e é natural que com o seu funcionamento, os mesmos fiquem desgastadas ou ressecados, alcançando o limite da sua vida útil.

Como é relatado por Ômega (2015) as falhas mais decorrentes podem acontecer por contaminações dos fluídos hidráulicos no sistema ou nos reservatórios. O óleo quando contaminado pode possuir limalhas, partículas sólidas. Os ataques químicos ao material das vedações, que acontece devido a escolha incorreta do material ou até mesmo por mudanças do fluído hidráulico.

De acordo com Angel (2019) as principais falhas das vedações são por endurecimentos, desgastes, riscos e cicatrizes, inchamento, deterioração, entalhes, extrusão e fraturas. A utilização de vedações de um material chamado viton é uma opção para solucionar as falhas prematuras em vedações de cilindros hidráulicos, que são expostos a altas temperaturas. Segundo Zen (2013) o material viton é um polímero que possui ligações que permite se tornar resistente a altas temperaturas, esse material possui resistência a chama, a oxidação e solventes.

MANUTENÇÃO EM CILINDROS HIDRÁULICOS

Conforme Souza (2019) relata que a manutenção preventiva tem o objetivo de identificar, analisar e reparar pequenos problemas diminuindo grandes danos futuros

aos equipamentos. Esse método de manutenção envolve troca de vedações, fluídos e filtros, mas para realizar essas tarefas são necessários conhecer o funcionamento do equipamento e desenvolver um planejamento.

A troca dos óleos hidráulicos é essencial para o funcionamento ideal do equipamento, além de preservar a vida útil de outros componentes do sistema com um fluído de boa qualidade. Segundo Stewart (1995) é essencial a análise de óleo em laboratórios para examinar se o mesmo não possui contaminações que possam causar problemas em outros componentes de cilindro hidráulico. De acordo com a Parker (2006) aproximadamente 75% das falhas são decorrentes de excesso de contaminação dos fluídos hidráulicos.

METODOLOGIA

A presente pesquisa constitui em um método de estudo descritivo com abordagem quantitativa. Neste capítulo será apresentado a estratégia de pesquisa e os procedimentos metodológicos que serão utilizados no decorrer deste trabalho.

De acordo com Knob (2017) existem três principais e tradicionais estratégias de pesquisa: experimento, pesquisa e estudo de caso. Quando o pesquisador optar em escolher o método de experimento, tem como finalidade testar todas as hipóteses que surgiram no decorrer do trabalho que comprovam o que foi estudado. E quando o pesquisador optar pelo estudo de caso, é envolvido a investigação sobre determinado assunto ou tema, a qual identifica um ou mais problemas de uma pesquisa, levantamento de dados, análises e outras séries de fatores.

A classificação dessa pesquisa é baseada em estudos de caso, visando buscar análises em uma realidade específica (GIL, 2002). Sendo assim, o estudo de caso é a estratégia de pesquisa escolhida para a realização desta pesquisa.

Com o objetivo de utilização da ferramenta FMEA permite que seja analisada cada componente do cilindro hidráulico, assim diminuindo as falhas e aumentando a vida útil das peças internas do equipamento.

Na coleta de dados foi absorvido as principais informações, através de

pesquisas bibliográficas. Sendo realizada por meio de livros, catálogos, artigos e trabalhos científicos. De acordo com Diógenes (2005) a metodologia é um conjunto de métodos e procedimentos técnicos, projetado para orientar um estudo.

Os métodos a serem utilizados para a realização dessa pesquisa foram elaborados em cinco etapas:

- A primeira etapa foi referente a coleta de dados para a criação de planos de manutenção de acordo com FMEA através de estudos teóricos e pesquisas relacionadas a cilindros hidráulicos.
- A segunda etapa foi apresentada o modelo de ferramenta FMEA que será utilizado com definição dos módulos de falhas, os efeitos, as causas e a definição dos índices de severidade, ocorrência, detecção, e os riscos de análise.
- A terceira etapa desenvolvida foi a definição da classificação de nível de risco, afim de complementar o entendimento dos riscos de análises.
- A quarta etapa se trata da desmontagem de um cilindro hidráulico de uma empresa que apresentava apresentando problemas de funcionamento e perda de eficiência.
- A quinta e última etapa é apresentar as soluções para diminuir as falhas presentes em cilindros hidráulicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizado a desmontagem do cilindro hidráulico para analisar seus componentes internos e as possíveis causas das falhas provenientes do mesmo. Conforme é mostrado na figura 2 a seguir a haste do cilindro.

Figura 2: Haste com riscos superficiais.



Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a imagem acima, é possível perceber pequenos arranhões superficiais que podem afetar diretamente no funcionamento do cilindro hidráulico. Estes riscos podem romper vedações, e gerar vazamentos frequentes, ocorrendo perda de eficiência do equipamento.

Ao realizar a desmontagem das vedações foi inspecionado que as mesmas estavam rompidas e ressecadas, além de serem encontradas pequenas limalhas de metal, cujo uma das principais causas seja a contaminação do óleo. De acordo com figura 3, algumas vedações retiradas do equipamento.

Figura 3: Vedações rompidas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Através da figura 3 é possível observar três vedações que sofreram desgastes no interior do cilindro. A vedação número um trata-se de uma gaxeta, a número dois trata-se de um anel backup e na vedação três trata-se do anel teflon.

Os componentes podem sofrer falhas dependentes ou independentes do tempo. As falhas ocasionadas com o desgaste do material, que perdem suas propriedades mecânicas internas são dependentes do tempo (ROSA, 2002).

Ao serem inspecionados os principais componentes foi utilizado a ferramenta FMEA para analisar as falhas de causa e efeito. Conforme pode ser observado na figura 2.

Quadro 1: Aplicação da Ferramenta FMEA.

ANÁLISE DE FALHA E EFEITO DE FALHA POTENCIAL (FMEA)										
Nº FMEA: 01.		Data de Início: 01/ 06/ 2022.								
Área: Manutenção.		Revisão: 00.								
Sistema: Hidráulico.		Preparado por: Cristyan Bull / João Vitor Almeida.								
Nome do Componente	Modo de Falhas	Efeitos Potenciais de Falhas	Severidade	Ocorrência	Deteção	Risco	Método de Controle	Severidade	Ocorrência	Risco de Análise
Cilindro Hidráulico	Vedações.	Vazamento de óleo excessivo.	10	10	2	200	Troca das Vedações, óleo e inspeções das camisas e hastes do componente.	2	2	40
	Haste com riscos superficiais.	Chances de rompimento das vedações.	10	10	2	200	Reparo e inspeção das hastes, ensaios não destrutivos e estudo do material e troca de óleo.	3	2	54
	Óleo contaminado com limalhas de material.	Rompimento e desgastes das vedações devido as impurezas sólidas	7	7	3	147	Troca de óleo anualmente, e análise do mesmo em um laboratório para inspeção de suas propriedades.	2	3	60
	Perda de Eficiência.	Vazamentos de óleo, algum componente danificado.	7	6	2	84	Troca das vedações e inspeção do cilindro por completo.	2	2	40

RISCO = S x P x D	CLASSE DE NÍVEL DE RISCO
0... 75	ACEITÁVEL
75... 200	ATENÇÃO
200...	NÃO ACEITÁVEL

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a quadro 1, foi realizado a análise das falhas e as possíveis causas que ocasionam o mal funcionamento do cilindro hidráulico. Assim, podendo causar perda de eficiência, dificultando o trabalho ideal de todo o conjunto que depende do funcionamento desse cilindro. De acordo com os índices de severidade, ocorrência e detecção, os riscos calculados não são aptos para trabalho.

Com isso, foi proposto um método de controle afim de que o equipamento possa funcionar de maneira ideal. Este ao ser colocado em prática, o risco de análise diminui e o equipamento fica apto para funcionamento de forma ideal.

Na última etapa desta pesquisa foi proposto as possíveis soluções para que o cilindro hidráulico tenha um funcionamento ideal e uma vida útil prolongada. De acordo com o quadro 2.

Quadro 2: Possíveis soluções e justificativas.

Possíveis soluções	Justificativa
Análise laboratorial dos óleos hidráulicos (manutenções preditivas)	Caso o óleo esteja contaminado ou com impurezas irá constar nas análises, sendo necessário a troca.
Treinamentos operacionais	É importante para realizar as manutenções corretamente e conscientizar o colaborador a fazer todo procedimento corretamente.
Troca de óleo e filtro semestralmente ou anualmente	Como todo produto possui prazo de validade e com o tempo perde suas propriedades, podendo ocasionar outros problemas em componentes dependentes.
Inspeções diárias	A inspeção do equipamento é importante para examinar se não há vazamentos, perda de eficiência.
Escolha correta e de boa qualidade das vedações	Material de baixa qualidade, a chance de vazamentos é bem alta, podendo apresentar novas falhas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme o quadro 2, foi mencionado as possíveis soluções que podem aumentar a vida útil do cilindro hidráulico. As manutenções em si são importantes e ajudam muito para manter o equipamento em constante funcionamento. O principal foco da manutenção é garantir os equipamentos em operação com bom funcionamento para a entrega de um determinado produto, prezando sempre pela segurança, custo, confiabilidade e meio ambiente (KARDEC; XAVIER, 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É perceptível como a manutenção correta dos cilindros hidráulicos é importante para a confiabilidade e bom funcionamento dos sistemas hidráulicos. Através do estudo de caso foi possível responder à questão norteadora. Foi possível perceber que as falhas ocorridas no cilindro hidráulico acontecem na maioria das vezes devido as impurezas presentes nos fluídos hidráulicos. Como consequência, ocorrem reações em cadeia, afetando as vedações, a haste do cilindro. Além disso, a perda de eficiência do equipamento, gerando prejuízos para a empresa, e podendo afetar a qualidade dos seus produtos e até mesmo a integridade física do colaborador.

Através dos resultados e discussão foi possível observar como utilizar as ferramentas estratégicas de forma coerente e otimista. Como no caso do FMEA, que facilita para encontrar os principais problemas provenientes do equipamento. Além de propor possíveis soluções que ajudam a prolongar a vida útil dos componentes de um cilindro hidráulico aumentando assim sua disponibilidade.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Ricardo. **Utilização do FMEA Para Melhoria das Falhas em Nipples de Redução Utilizados em Uma Prensa Hidráulica de Placas de Madeira**. 2014. Acesso em: 05 de março de 2022.

LEAL, Fabiano; PINHO, Alexandre Ferreira. **Análise de Falhas Através da Aplicação do FMEA e da Teoria Grey**. 2006. Acesso: 05 de maio de 2022.

NUNES, Rogério AX; SADE, Wagner; BRANCO, José Roberto T. **Atrito e desgaste de recobrimentos de PET, politeraftalato de etileno, pós-consumo processados por aspersão térmica**. Polímeros, v. 17, p. 244-249, 2007. Acesso 08 de maio de 2022.

GOMES, Marllon Ananias Almeida. **Vedações Para Cilindros Hidráulicos**. 2021. Acesso em: 10 de março 2022.

SOUZA, Jean Pierre T. **Manutenções e Análises de Falhas Para Confiabilidade Aplicado a Sistemas Hidráulicos**. 2019. Acesso em: 18 de maio de 2022.

LINSINGEN, I. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. 4. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2013. Acesso em: 20 de maio de 2022.

STEWART, Harry L. **Pneumática e Hidráulica 7 Hidráulica 3ª ed.** Editora HEMUS, 1995. Acesso em: 21 de junho de 2022.

BROLESI, Bruno Lima. **Fluídos Hidráulicos: classificação e desempenho dos fluídos na indústria.** Acesso em 22 de junho de 2022.

GOMES, Marcio Rodrigues; ANDRADE, Marcos; FERRAZ, Fábio. Apostila de hidráulica. **Santo Amaro-BA: Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia**, p. 11-28, 2008. Acesso em: 25 de junho de 2022.

Parker. **Fluídos e Filtros Hidráulicos.** São Paulo. 2006. Disponível em: <https://www.parker.com/literature/Brazil/M2001_2_P_06.pdf> Acesso em: 26 de junho de 2022.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas S. A.** 2002. Acesso em: 27 de junho de 2022.

DIÓGENES, E. **Metodologia e epistemologia na produção científica: gênese e resultado.** 2.ed. Maceió: EDUFAL, 2005. Acesso em: 27 de junho de 2022.

BRAMBILLA, H.; VOLANTE, C. R. Um estudo sobre FMEA – análise de modos e efeitos de falha. In: **III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga.** Disponível em: <www.fatectq.edu.br/SIMTEC>. 10 p. Outubro de 2015. Acessado em: 27 de junho de 2022.

XAVIER, J. N.; KARDEC, A. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003. Acesso em: 28 de agosto de 2022.